

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Juha Putkonen

VALAISTUKSEN HANKINTAKUSTANNUSTEN JA ENERGIANKULUTUKSEN  
VERTAILU PÄIVÄKOTIKOhteessa

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013



OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2013  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
(013) 260 6800

Tekijä(t)  
Juha Putkonen

Nimeke  
Valaistuksen hankintakustannusten ja energiankulutuksen vertailu päiväkotikohteessa

Toimeksiantaja

#### Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli selvittää markkinoilla olevien valaisimien ja valaistusjärjestelmien hankintakustannuksia ja sähköenergian kulutusta. Työn tietoperusta pohjautui rakennushankkeen suunnittelua, valaistusta ja energiankulutusta koskeviin vaatimuksiin ja tavoitteisiin. Esimerkkitilanteena toimi Joensuuun 2013 valmistuva Penttilän päiväkotikoti. Alkuperäisen suunnitelman mukaan Penttilän päiväkodin valaistus toteutettiin loistelamppuvalaisimia käyttäen. Valaistuksen ohjaus toteutettiin pääasiassa manuaalisesti.


Alkuperäisen suunnitelman lisäksi opinnäytetyöhön laadittiin kaksi erilaista valaistussuunnitelmaa, joilla päiväkodin valaistus voitaisiin vaihtoehtoisesti toteuttaa. Suunnitelmassa 2 päiväkodin valaistus toteutettiin pääasiassa LED-valaisimia käyttäen. Valaistuksen ohjaus toteutettiin vakio-valo- ja läsnäolo-perusteisesti. Suunnitelma 3 toteutettiin käyttäen pääasiassa samoja valaisimia kuin suunnitelmassa 1, mutta valaisimia ohjattiin vakiovalo- ja läsnäolo-perusteisesti. Jokaiseen valaistussuunnitelmaan tehtiin oma energiankulutus- ja kustannuslaskelma. Energiankulutuslaskelmissa tarkasteltiin rakennuksen valaistuksen käyttämää energiankulutusta vuositasona. Rakennuksen valaistuksen kuluttamaa energiaa arvioitiin Dialux-valaistuslaskentaohjelman energia-arvio-työkalua käyttäen. Kustannuslaskelmat tehtiin sähkökulkuliikkeiden hinnastoista saatujen tietojen perusteella.

Tulosten perusteella suunnitelmia vertailtiin keskenään ja tehtiin johtopäätöksiä eri suunnitelmien valaistusratkaisujen kannattavuudesta. Kyseisen päiväkodin valaistus oli hankintakustannukset ja energiankulutus huomioiden kannattavinta toteuttaa suunnitelman 1 valaistusratkaisuja käyttäen.

Kieli  
suomi

Sivuja 53  
Liitteet 4  
Liitesivumäärä 7

Asiasanat  
sisävalaistus, sähkönkulutus, kustannukset, energiansäästö

 <b>Karelia</b> UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	THESIS May 2013 Degree Programme in Electrical Engineering Karjalankatu 3 FI 80200 JOENSUU FINLAND Tel. 358-13-260-6800
Author(s) Juha Putkonen	
Title Comparison Between Acquisition Costs and Energy Consumption of Lighting in Kindergarten  Commissioned by	
Abstract  <p>The main purpose of this thesis was to investigate the acquisition costs and energy consumption of indoor lighting. The theory part was based on requirements of building project planning, lighting and consumption of lighting electrical energy. The target in the project was a kindergarten in Joensuu which will be finished in 2013. In the original lighting plan fluorescent luminaires were used and mainly with manual lighting control.</p> <p>In addition to the original plan, two other lighting plans were made. The second lighting plan was made by using LED-luminaires. In the second plan an automatically controlled lightning control system was used, with constant illuminance and occupancy control. The third lightning plan was made by using fluorescent luminaires. The luminaires were basically the same products as in the original lighting plan. The main difference between the original and the third plan was that the luminaires were controlled automatically by using constant illuminance and occupancy control. Energy consumption calculation and acquisition costs calculation was made for every lighting plan individually. The target in the energy consumption was to discover how much energy is used for lighting annually. Energy consumption calculations were made by using Dialux lighting planning program which includes a feature to estimate energy consumption of the building. The prices for acquisition costs calculations were taken from the wholesale business company's price lists.</p> <p>After comparing the results of these calculations conclusions were made between the lighting plans based on cost-effectiveness. Taking into account the acquisition costs and energy consumption, the results proved that the first lighting plan was the most profitable solution for this kind of building.</p>	
Language Finnish	Pages 53 Appendices 4 Pages of Appendices 7
Keywords indoor lightning, consumption of electrical energy, costs, energy conservation	

# Sisältö

1	Johdanto .....	7
2	Päiväkoti rakennushankkeena .....	8
2.1	Rakennushankkeen vaiheet.....	8
2.2	Vaatimukset .....	9
2.3	Tavoitteet .....	10
3	Valaistustekniikka .....	12
3.1	Valaistuksen laatuun vaikuttavat vaatimukset.....	12
3.1.1	Valaistusvoimakkuus .....	12
3.1.2	Luminanssi.....	13
3.1.3	Häikäisy .....	13
3.1.4	Värintoistoindeksi ja värilämpötila.....	14
3.1.5	Välkyntä.....	15
3.1.6	Varjonmuodostus.....	15
3.2	Valaistuslaskenta käytännössä.....	16
4	Valaistuksen kuluttama energia .....	16
4.1	Valaistusenergian määrittäminen.....	16
4.2	Valaistuksen käyttämän energian arvioiminen laskemalla.....	18
5	Päiväkodin valaistus .....	20
5.1	Valaistusjärjestelmän suunnittelun lähtökohdat .....	20
5.2	Valaistusjärjestelmän vaatimukset.....	21
5.3	Valaistuksen laatuvaatimukset.....	22
5.4	Energiatehokkuutta koskevat vaatimukset.....	24
5.5	Valaisinasennuksia koskevat vaatimukset.....	24
5.6	Valaisimien valitseminen .....	25
6	Päiväkodissa käytettävät valaisintyytit .....	25
6.1	Loistelamppuvalaisin elektronisella liitäntälaitteella .....	25
6.1.1	Loistelampun sytytystavat.....	26
6.1.2	Loistelamppuvalaisimien mukavuus ja ympäristötekijät.....	27
6.1.3	Loistelamppuvalaisimien hankinta- ja käyttökustannukset.....	27
6.1.4	Loistelamppuvalaisimien elinikä.....	28
6.1.5	Loistelamppuvalaisimien heikkoudet .....	29
6.2	LED-tekniikalla toteutetut valaisimet .....	29
6.2.1	LED-komponentin toiminta.....	30
6.2.2	LED-valaisimien mukavuus ja ympäristötekijät .....	30
6.2.3	LED-valaisimien hankinta- ja käyttökustannukset.....	31
6.2.4	LED-valaisimien elinikä.....	31
6.2.5	LED-valaisimien heikkoudet.....	31
7	Päiväkodin valaistuksen ohjaus .....	32
7.1	Vakiovalo-ohjaus .....	32
7.2	Läsnäolo-ohjaus .....	33
7.3	Valaistuksen ohjaustavat .....	34
7.4	Manuaalinen ohjaus.....	35
7.5	1 - 10 V:n analogiaohjaus .....	35
8	Vertailtavat suunnitelmat.....	36
8.1	Suunnitelma 1.....	36
8.2	Suunnitelma 2.....	38
8.3	Suunnitelma 3.....	40
9	Tulokset .....	41

9.1	Kustannuslaskelmat.....	41
9.1.1	Suunnitelman 1 kustannuslaskelmat .....	41
9.1.2	Suunnitelman 2 kustannuslaskelmat .....	42
9.1.3	Suunnitelman 3 kustannuslaskelmat .....	44
9.2	Energiankulutus .....	45
9.3	Hankintakustannukset verrattuna energiakustannuksiin.....	47
10	Pohdinta.....	48
10.1	Johtopäätökset .....	48
10.2	LED-valaisinten tulevaisuus.....	50
10.3	Jatkokehitysmahdollisuudet.....	51
10.4	Oma oppiminen .....	51
	Lähteet.....	53

#### Liitteet

Liite 1 Suunnitelman 1 tilakohtaiset ohjaustavat

Liite 2 Suunnitelmien 2 ja 3 tilakohtaiset ohjaustavat

Liite 3 Läsnaolotunnistimien tiedot

Liite 4 Sähkön keskihinta vuonna 2012

## Lyhenteet

DALI	Digital Adressable Lightning Interface, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
EIB	European Installation Bus, saksalaisen Siemensin kehittämä väyläjärjestelmä
EN	Eurooppalaisten standardisoimiselinten valmisteleva standardi.
K	Valotehokkuus (lm/W), ilmaisee valaisimen tai lamppujen valovirran suhteessa sen ottamaan tehoon.
KNX	Kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi
LED	Light Emitting Diode, valoa ympärilleen säteilevä diodi
LON	Local Operating Network, on talotekniikan hajautettujen tietojärjestelmien toteutukseen käytetty kenttä- ja automaatioväyläratkaisu.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto ry, toimii standardisoinnin keskusjärjestönä Suomessa.
ST	Sähkötieto ry:n julkaisema kortti, ohje, esimerkki tai raportti, joiden tarkoituksena on opastaa sähköalan ammattilaisia.
THD	Total Harmonic Distortion, harmoninen kokonaissärö
$\Phi$	Valovirta (lm), ilmoittaa kuinka paljon valonlähde säteilee tiettyyn avaruuskulmaan.

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon energiaa voidaan säästää käyttämällä erilaisia sisätilojen valaistusratkaisuja ja paljonko energiaa säästävät ratkaisut ovat hankintakustannuksiltaan. Esimerkkikohteena toimi Joensuuhun 2013 valmistuva Penttilän päiväkotia. Opinnäytetyön teoriaosuudessa esitellään vaatimuksia, jotka valaistussuunnittelua tehtäessä tulee huomioida. Huomioitavia vaatimuksia ovat uuden päiväkodin rakennushanketta koskevat vaatimukset, sisätyöpaikkojen valaistusta koskevat vaatimukset sekä energiankulutusta koskevat vaatimukset.

Tutkimuksessa päiväkodin valaistus suunniteltiin kolmella eri valaistusjärjestelmällä. Ensimmäisessä suunnitelmassa käytettiin loistelamppuvalaisimia, joita ohjataan manuaalisesti käsin, kytkimillä ja painikkeilla. Toisessa suunnitelmassa käytettiin pääosin LED-valaisimia, joita ohjattiin läsnäolo- ja vakiovalo-perusteisesti. Kolmannessa suunnitelmassa käytettiin loisteputkivalaisimia, joita ohjattiin läsnäolo- ja vakiovalo-perusteisesti. Vertailtavien valaistussuunnitelmien tuli täyttää valaistusstandardin SFS-EN 12464-1 asettamat vaatimukset sekä Joensuun kaupungin erillisohjeet päiväkotien valaistusta koskien.

Työn laskennallisessa osiossa vertailtiin kunkin suunnitelman sähköenergiankulutusta suhteutettuna laitteiden hankintakustannuksiin. Energia-arviot tehtiin tietokoneavusteista Dialux-valaistussuunnitteluohjelmaa käyttäen. Laskenta tehtiin jokaiselle suunnitelmalle erikseen. Laskentaohjelman avulla laskettiin rakennuksen valaistuksen kuluttaman energian määrä standardin SFS-EN 15193 määrittelemällä menetelmällä. Kustannuslaskelmissa käytetyt hinnat olivat sähkötukkuhintojen ilmoittamia kuluttajahinta-arvioita.

## **2 Päiväkotikokonaishankkeen rakennushankkeena**

### **2.1 Rakennushankkeen vaiheet**

Uuden päiväkodin rakentamisen tarpeet liittyvät yleensä julkisyyhteisön, kuten kunnan, velvollisuuksiin. Syynä voi olla lisääntynyt tilantarve tai pyrkimys keskittää palveluja suuremmaksi kokonaisuudeksi. Päiväkodin rakennushankkeen eri vaiheita ovat tarveselvitys-, hankesuunnittelu-, luonnossuunnittelu-, toteutus- suunnittelu- ja rakentamisvaihe. Nämä vaiheet kuuluvat jokaisen rakennushankkeen toteutukseen. [1, s.30.]

Tarveselvitysvaiheessa arvioidaan hankkeen tarpeellisuus, edellytykset ja mahdollisuudet. Saatujen tuloksien perusteella kootaan tarveselvitys, joka määrittelee hankkeen perusolemuksen. Tarveselvityksen perusteella tehdään varsinainen hankepäätös. [1, s.30.]

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään toteuttamiseen liittyvät vaihtoehtoiset toteutustavat, -mahdollisuudet ja -tarpeet. Hankesuunnitelman avulla määritellään hankkeen kustannusarvio ja aikataulu. Varsinainen investointipäätös tehdään hankesuunnitelman pohjalta. [1, s.30.]

Luonnossuunnitteluvaiheessa määritetään kohteen suunnitteluratkaisut, talotekniset järjestelmät sekä toteutustapa, jonka jälkeen päätetään luonnossuunnitelmien hyväksymisestä. [1, s.30.] Valaistussuunnittelun osalta, tässä vaiheessa tehdään ehdotuksia valaisimista ja ohjausjärjestelmistä. Valaisinvalintoihin vaikuttaa, kuinka paljon rahaa valaistusjärjestelmään on kustannusarviossa varattu ja mitä vaatimuksia arkkitehti asettaa valaisimien ulkonäköön liittyen. Suunnittelijan tehtävänä on antaa tilaajalle tarvittavat tiedot ja kohteeseen parhaiten soveltuvat vaatimusten mukaiset vaihtoehdot, jonka jälkeen voidaan määrittää kohteen valaistusratkaisut [1, s.63].

Toteutussuunnitteluvaiheessa kohteesta laaditaan hankintapiirustukset ja -asiakirjat varsinaista toteutusta varten sekä määritellään kohteen hankintatapa



ja tehdään rakentamispäätös. Valaistuksen osalta suunnitellaan, mitoitetaan ja tarkennetaan valaisinvalinnat, valaistusratkaisut ja valaisinsijoitukset. [1, s.30, 67.] Valaisimet ja niitä koskevat tiedot luetteloidaan asiakirjaan nimeltä valaisinluettelo. Valaisinluettelo on toteutussuunnitteluvaiheessa laadittava asiakirja, josta nähdään jokaisen kohteeseen asennettavan valaisimen tiedot, kuten valaisintyyppi, lampputyyppi, määrä ja asennustapa. Valaisinluettelossa jokaisella valaisintyyppillä on oma positionumero, josta asentaja näkee kunkin valaisimen sijainnin piirustuksissa.

Rakentamisvaiheessa suunniteltu kohde rakennetaan. Rakennusaikaisen suunnittelun avulla varmistetaan suunnitelmien mukainen laadulliset tavoitteet ja tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet täyttävä lopputulos. Hankkeen valmistuttua tehdään vastaanottopäätös, johon rakentamisvaihe päättyy. [1, s. 30.]

Käyttöönottovaiheessa aloitetaan rakennuksessa harjoitettava toiminta, jolloin käytännössä seurannalla todetaan suunniteltujen käyttövalmiuksien toimivuutta ja olemassaolo. Käyttöönottovaihe on hankkeen viimeinen vaihe, jonka jälkeen rakennushanke päättyy takuutarkastukseen ja takuiden vapauttamiseen. [1, s. 31.]

## **2.2 Vaatimukset**

Päiväkotia koskevat vaatimukset jakautuvat yleisvaatimuksiin ja teknisiin yleisvaatimuksiin. Suunnittelulle asetettuja tavoitteita ovat elinkaarikustannusten edullisuus, käyttäjän turvallisuus, viihtyisyys ja toimivuus. [2, s. 7.]

Kohteen tekniset yleisvaatimukset ovat yksityiskohtaisia vaatimuksia, jotka sähkösuunnittelijan tulee varmistaa rakennus- sekä LVIA -suunnittelmista. Näitä ovat rakennuspaikan sähkötekniset rasitteet ja rasitteiden poiston aiheuttamat kustannukset, rakennuksen liittäminen sähkö- ja tiedonsiirtoverkkoon, sähkökeskusten sijoittamiseen ja tilavarauksiin, tiedonsiirtojärjestelmien kuten ATK-ristikyt kentätelineen ja muiden telelaitekeskusten sijoittamiseen ja tilavarauksiin liittyvät vaatimukset. Valaistusta koskevat vaatimukset kuuluvat myös teknisiin

yleisvaatimuksiin. Valaistusvaatimukset ovat tilakohtaisia ja niitä suunniteltaessa on otettava huomioon tilan mahdollinen muunneltavuus ja monikäyttöisyys. [2, s. 7–8.]

### 2.3 Tavoitteet

Rakennuskohteen suunnittelun ja toteutuksen onnistuminen riippuu paljolti asetettujen tavoitteiden saavuttamisesta. Tavoitteet jakautuvat ympäristö-, taloudellisuus-, laatu-, käyttökelpoisuus-, turvallisuus- ja käyttöikäavoitteisiin [2, s. 7–8]. Ennen suunnittelun aloittamista on selvitettävä ja varmistettava tilaajan tavoitteet kohteelle. [2, s. 7].

Ympäristötavoitteet liittyvät rakennuksen energiatehokkuuteen ja uusiutumattomien luonnonvarojen käytön minimoimiseen [2, s. 7]. Energiatehokkaat valaistusratkaisut ovat osa ympäristötavoitteita, koska niiden avulla voidaan vähentää rakennuksen sähköenergiankulutusta, jonka myötä pienenevät myös hiilidioksidipäästöt.

Taloudellisuustavoitteet liittyvät hankesuunnitelmassa esitettyihin kustannustavoitteisiin. Kustannustavoitteet varmistetaan luonnossuunnitteluvaiheessa tehtävillä kustannuslaskelmilla. Kustannuslaskelmiin voi suunnittelun aikana tulla muutoksia huonetilaohjelman tai järjestelmävalintojen osalta. Suunnittelijan on hyväksyttävä muutoksista aiheutuvat kustannusvaikutukset. [2, s. 7.] Kustannusvaikutuksiin voi vaikuttaa valaistuksen osalta valaisintyyppin- tai valaisinvalmistajan muutos tai esimerkiksi tilan käyttötarkoituksen muutos, jos valaisimen suojausluokkaa joudutaan muuttamaan. Valaistusta ohjaavan järjestelmän muutoksilla voi olla merkittäviä kustannusvaikutuksia taloudellisuustavoitteisiin.

Laatutavoitteet eli asetettujen suunnittelutavoitteiden onnistuminen varmistetaan erikseen laaditulla laadunvarmistussuunnitelmalla, joka hyväksytetään tilaajalla. Suunnittelun vastuuhenkilön on tarkistettava suunnitelmatavoitteiden toteutuminen aina ennen suunnitelmien luovuttamista. [2, s. 7.]

Käyttökelpoisuustavoitteiden avulla määritellään rakennuksen toimivuuteen ja terveellisyyteen liittyviä asioita. Tilojen on täytettävä turvallisuuteen, taloudellisuuteen, ympäristöystävällisyyteen ja toiminnallisuuteen liittyvät vaatimukset. Teknisten laitteiden on oltava muuntojoustavia ja pitkäikäisiä. Suunniteltaessa järjestelmiä on käytettävä Suomessa yleisesti saatavilla olevia laitteita, joiden saatavuus on varmistettava myös tulevaisuudessa ainakin 15 vuoden ajan. Teknisten laitteiden suunnittelussa on otettava huomioon tilojen monikäyttöisyys, jolloin laitteet on voitava jakaa pienempiin toiminnallisiin osiin esimerkiksi iltakäyttöä varten. Valaistusta suunniteltaessa on otettava huomioon tilojen monikäyttöisyys. Huollon säännöllisyys varmistetaan laatimalla rakennuksesta huoltokirja. Terveellisyys varmistetaan standardin SFS-EN 12464 vaatimukset täyttävällä valaistuksella, minimoimalla sähkö- ja magneettikenttiä aiheuttavien laitteiden käyttö, käytännöllisillä materiaalivalinnoilla sekä kosteusvaurioiden estämisellä kaikilla suunnittelualoilla. [2, s. 8.]

Turvallisuustavoitteet ovat päiväkodissa tärkeässä roolissa. Suunniteltaessa tilaratkaisuja on otettava huomioon tilojen valvottavuus. Teknisien laitteistojen käyttö ja huolto on voitava suorittaa turvallisesti. Laitteistojen on täytettävä paloturvallisuusmääräyksiä koskevat vaatimukset ja rakennus on varustettava määräysten mukaisella palovaroitin- tai paloilmoitinjärjestelmällä. Sähkölaitteistojen on oltava määräysten mukaiset eikä niistä saa aiheutua sähkötapaturman vaaraa. Toteutuksessa on otettava huomioon käyttäjien asettamat erityisvaatimukset. Rakennuksessa on oltava evakuointia varten turvavalaistusjärjestelmä ja ilkivaltaa sekä varkauksia varten erillinen rikosilmoitusjärjestelmä. [2, s. 8.]

Sähkölaitteistoille asetetut käyttöikätaavoitteet kertovat, kuinka pitkään kunkin sähkölaitteiston, sähköjärjestelmän tai laitteen tulee kestää. Käyttöikätaavoitteiden toteutuminen tarkoittaa käytännössä sitä, että suunnitteluvaiheessa valittavat sähkölaitteistot, sähköjärjestelmät ja laitteet ovat laadukkaita ja tarkoituksenmukaisia. Valaisimien käyttöikätaavoite on 20 - 30 vuotta [2, s. 10].

### 3 Valaistustekniikka

#### 3.1 Valaistuksen laatuun vaikuttavat vaatimukset

Valaistuksen ja valaistusjärjestelmän osalta suunnittelijan tulee tietää paljon erilaisia vaatimuksia. Näitä vaatimuksia ovat työtehtäviin, näkömukavuuteen, näkötehokkuuteen, visuaaliseen ympäristöön, arkkitehtuurin luomiseen, liikkumiseen ja orientoitumisen helpottamiseen sekä turvallisuuden takaamiseen liittyvät vaatimukset. [3, s. 5]. Valaistuksen laatua mitataan ja kuvataan erilaisilla suureilla, yksiköillä ja kertoimilla. Sisätyötilojen valaistuksen määrittelyssä käytetään eurooppalaista standardia SFS-EN 12464-1, jota kaikissa sisätyöalueiden työpaikkojen valaistussuunnitelmissa ja toteutuksessa noudatetaan [4, s. 1]. Kyseinen standardi on velvoittava vaatimus, kun taas aikaisemmat kotimaiset edeltäjänsä ovat pääosin suosituksia. [4, s. 4].

##### 3.1.1 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus on valaistusjärjestelmän tehokkuutta kuvaava suure, joka määrittää määrätyle pinnalle kohdistuvan valon määrään pinta-alayksikköä kohden. Valaistusvoimakkuuden tunnus on E ja sen yksikkö luks (lx). Yleisimmin sisätiloissa valaistusvoimakkuudet ovat 100 - 1000 lx.

Valaistusvoimakkuus on valaistussuosituksissa ja standardeissa käytetyin ja tärkein arviointikriteeri. Valaistusta varten määritellään sellainen valaistusvoimakkuuden tavoitetaso, joka takaa ympäristön riittävät luminanssit. [3, s.3–4.] Valaistusvoimakkuudet eivät myöskään saa olla liian suuria, koska se aiheuttaa energian tuhlausta ja valon laatua heikentäviä ilmiöitä, kuten kiusahäikäisyä ja harsoheijastumisia (kiiltokuvastuminen). Myös valaistusvoimakkuuden tasaisuus on tärkeä valaistuksen laatuun vaikuttava seikka, koska epätasaisessa valaistusympäristössä silmät rasittuvat joutuessaan sopeutumaan jatkuvasti erilaiseen valaistukseen. Tämän vuoksi suunniteltaessa tulee pyrkiä valon mahdollisimman suureen tasaisuuteen työskentelyalueilla. Tasaisuutta ( $U_0$ ) kuvaamaan käytetään tilassa vallitsevan valaistusvoimakkuuden minimiarvon

suhdetta valaistusvoimakkuuden keskiarvoon ( $E_{\min} / E_m$ ) tai valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhdetta valaistusvoimakkuuden maksimiarvoon ( $E_{\min} / E_{\max}$ ), joista ensin mainittua käytetään yleisesti vaatimuksena standardissa SFS-EN 12464-1. [4, s. 2.]

### 3.1.2 Luminanssi

Osa kohteeseen osuvasta valosta absorboituu eli imeytyy valaistavaan pintaan. Heijastuva valon osuus määrää kohteen luminanssin, jolla ilmaistaan kohdekappaleen pinnan valotiheyttä eli pintakirkkautta. Valaistustekniikassa luminanssi on ainut silmällä suoranaisesti havaittava ja nähtävä suure. Luminanssin tunnus on L ja yksikkö kandela jaettuna neliömetrillä ( $\text{cd/m}^2$ ).

Mitä suurempi pinnan, esimerkiksi lampun, valaisimen tai työkohteen luminanssi on, sitä kirkkaammalta pinta näyttää. Näkökohteen ja sen ympäristön luminanssit ovat tärkeimpiä näkyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Mitä hämärämpi ympäristö on sitä heikommin silmä erottaa lähellä olevia yksityiskohtia tai pieniä luminanssieroja. Silmä kykenee käsittelemään näkötietoa hyvin laajalla luminanssitasojen vaihtelualueella. [3, s. 4.]

Vaikka valaistusvoimakkuus on useimmissa suosituksissa tärkein määriteltävä suure, on taustalla ajatus pyrkiä oikeanlaisiin luminansseihin, koska luminanssi on valaistustekniikan ainoa silmällä nähtävissä oleva suure. Luminanssisuhteelle ei ole varsinaisesti vaatimuksia valaistusstandardissa EN 12464-1, vaan luminanssijakaumaa pyritään määrittelemään valaistusvoimakkuuden ja pintojen heijastuskertoimien avulla. [4, s. 2–3.]

### 3.1.3 Häikäisy

Häikäisy on yksi pahimmista valaistuksen epäkohdista, joka itsessään heikentää näköolosuhteita. Häikäisyn eri muotoja ovat suora häikäisy, kiusahäikäisy, heijastushäikäisy, harsohäikäisy ja estohäikäisy ja ne voivat esiintyä myös sa-

manaikaisesti. Häikäisyä syntyy, kun ympäristön luminassi on niin suuri, ettei silmä enää sopeudu siihen.

Yleinen valaistuksen aiheuttama häikäisyn lähde on, jokin näkökentän yksittäinen luminanssi, joka on muita luminansseja paljon suurempi, kuten näkökentässä oleva valonlähde tai valoa voimakkaasti heijastava pinta, jolle tulee valoa runsaasti. Päivänvalo on yksi merkittävä häikäisyn aiheuttaja myös sisätyötiloissa. Häikäisy heikentää yksityiskohtien havainnointia ja aiheuttaa epämukavuutta katselijalle. [3, s. 4.]

Kiusahäikäisyä kuvataan UGR (Unified Glare Rating) -arvolla. UGR-arvolle on annettu ylärajat eri tiloihin standardissa SFS-EN 12464-1, joita valaistuksen UGR-arvot eivät saa ylittää. [4, s.3.] Standardissa SFS-EN 12464-1 on esitelty laskentamenetelmä UGR -arvon laskemiseksi. Valaisinvalmistajat ilmoittavat yleensä valaisinkohtaiset UGR -arvot tuotetiedoissaan.

### 3.1.4 Värintoistoindeksi ja värilämpötila

Värintoistoindeksi ( $R_a$ ) on mitta-asteikko, jolla mitataan, kuinka paljon tietyn valonlähteen keskimääräinen värintoisto eroaa vertailulähteen värintoistosta, koska lamput eivät toista kaikkia värejä luonnollisina. Kaikilla alle 5000 K:n lampuilla käytetään vertailulähteenä vastaavan värilämpötilan planckin (musta kappale) säteilijää. Yli 5000 K:n lampuilla vertailu tehdään vastaavan värilämpötilan päivänvalospektriin. Enimmäisarvo 100 vastaa täysin samanlaista värintoistoa. Värintoistoindeksin tulisi olla yli 80 ja hyvää värintoistoa edellytettäessä yli 90. Kahdella valonlähteellä voi olla sama värintoistoarvo, mutta erilaiset spektrit ja siten myös erilaiset värintoisto-ominaisuudet. [3, s. 4.]

Värilämpötilan yksikkö on kelvin (K). Värilämpötila ilmoittaa valon värisävyn, joka lampuissa yleensä vaihtelee värilämpötilojen 2000 K:n ja 7000 K:n välillä. Neutraalin valkoisina värilämpötiloina pidetään 3500 - 4000 K. Alle 3500 K:n värilämpötilat koetaan lämpimiksi ja yli 4000 K:n viileäsävyisiksi. Pienillä valaistusvoimakkuuksilla lämpimät värisävyt koetaan luonnolliseksi, kun taas suurilla

käytetään viileitä värisävyjä. Valaistusta valittaessa otetaan huomioon myös tilan väritys. [3, s.4.]

Lampun värilämpötila ja värintoisto valitaan tilassa harjoitettavan toiminnan perusteella. Värilämpötilalla voidaan vaikuttaa myös tilan viihtyvyyteen. Loistelampuissa värilämpötila ilmoitetaan yhdessä värintoistoindeksin kanssa. Värilämpötilaltaan 4000 K ja värintoistoindeksiltään 80 oleva loistelamppu ilmoitetaan tunnuksella 840 muiden tyyppimerkintöjen yhteydessä.

### **3.1.5 Välkyntä**

Silmä aistii pienitaajuisen värin tai luminanssin vaihtelun välkyntänä. Kun ärsyksen muuttumistaajuus tulee riittävän suureksi, välkyntä häviää ja valo näyttää olevan jatkuvaa. Välkkyvä valo voi aiheuttaa pyörivien kappaleiden kanssa vaikutelman pysähtyneestä liikkeestä ja siten tapaturmavaaran. Välkkyvä valo välkkyvän tietokoneen näytön kanssa voi tuoda välkynnän ärsytyskynnyksen alapuolelle ja rasittaa silmiä. [3, s. 4.]

Epäsuorassa valaistuksessa valon välkyntä osuu näkökentän reuna-alueelle, jossa silmä on tavallista herkempi havaitsemaan muutoksia. Siksi epäsuorassa valaistuksessa on suositeltavaa käyttää valonlähteitä ja liitäntälaitteita, jotka poistavat välkynnän. [3, s. 4-5.] Valaistus tulee suunnitella standardin EN 12464-1 edellyttämällä tavalla niin, ettei välkyntää tai stroboskooppi-ilmiötä esiinny [4, s. 4].

### **3.1.6 Varjonmuodostus**

Sopivan varjonmuodostuksen avulla esineen muoto ja pintarakenne tulevat esille. Varjot aiheuttavat luminanssieroja esineessä ja sen ympäristössä ja helpottavat siten muotojen tajuamista. Oikeanlainen varjonmuodostus on tärkeää näkötehtävissä, joissa edellytetään kappaleen muotojen erottamista ja syvyysnäkemistä. Kolmiulotteinen näkeminen riippuu varjonmuodostuksesta, johon valon

tulosuuntauksella vaikutetaan sekä, kuinka paljon valoa kappaleen eri puolille lankeaa. Jos valoa tulee tasaisesti joka suunnasta, varjoja ei synny ja muodot latistuvat. [3, s. 4.] Kohtuullinen varjonmuodostus lisää kontrasteja näkökoh-teessa ja helpottaa esineiden kolmiulotteista hahmottamista. Liian voimakkaita varjoja tulee välttää kulkuväylillä ja erityisesti tiloissa, joissa käsitellään suuria esineitä, koska häiritsevyyden lisäksi heittovarjot voivat aiheuttaa tapaturma-vaaran esimerkiksi virheellisesti valaistuissa portaissa. [4, s. 4.]

### **3.2 Valaistuslaskenta käytännössä**

Valaistus määritellään kuhunkin tilaan siinä harjoitettavan toiminnan mukaan. Nykyisin suunnittelijan työtä helpottamaan on tarjolla valaistuksen laskentaan tarkoitettuja tietokoneavusteisia ohjelmia. Valaistuslaskenta ohjelmista esimer-kiksi DIAL GmbH:n kehittämä Dialux on ilmainen vapaasti levityksessä oleva ohjelma.

Suunnittelu aloitetaan mallintamalla tilan geometria, pinnat ja värit, ikkunat, ovet sekä tilan kalustus. Tila mallinnetaan kolmiulotteisena, jolloin suunnittelijalle muodostuu todenmukaisempi kuva tilasta. Ohjelman avulla saadaan laskettua kaikki valaistustekniset arvot, jotka tulee tietää valaistussuunnittelua tehtäessä. Valaisinten valinta tapahtuu pääasiassa ohjelmassa olevien valaisinvalmistajien kuvastoista ja lataamalla valonjakotiedostoja valaisinvalmistajien tai valaisimia myyvien tukkuliikkeiden sivuilta.

## **4 Valaistuksen kuluttama energia**

### **4.1 Valaistusenergian määrittäminen**

EU-direktiivi, Energy Performance of Buildings, 2002/91/EY on jäsenmaita velvoittava direktiivi. Sen tavoitteena on edistää rakennusten energiatehokkuuden parantamista yhteisössä ottaen huomioon ulkoiset ilmasto-olosuhteet sekä si-säilmastolle asetetut vaatimukset ja kustannustehokkuus. Direktiivi sisältää vaa-



timuksia, jotka on otettava huomioon myös valaistussuunnittelussa. Direktiivissä säädetty valaistussuunnittelussa huomioon otettavat vaatimukset liittyvät rakennusten kokonaisenergiatehokkuuden laskentamenetelmän yleiseen kehykseen, vähimmäisvaatimusten soveltamiseen uusien rakennusten energiatehokkuudessa ja rakennusten energiasertifikointiin. Vaatimukset koskevat myös olemassa olevia suuria rakennuksia, joihin tehdään laajamittaisia korjauksia. [5, s. 528.]

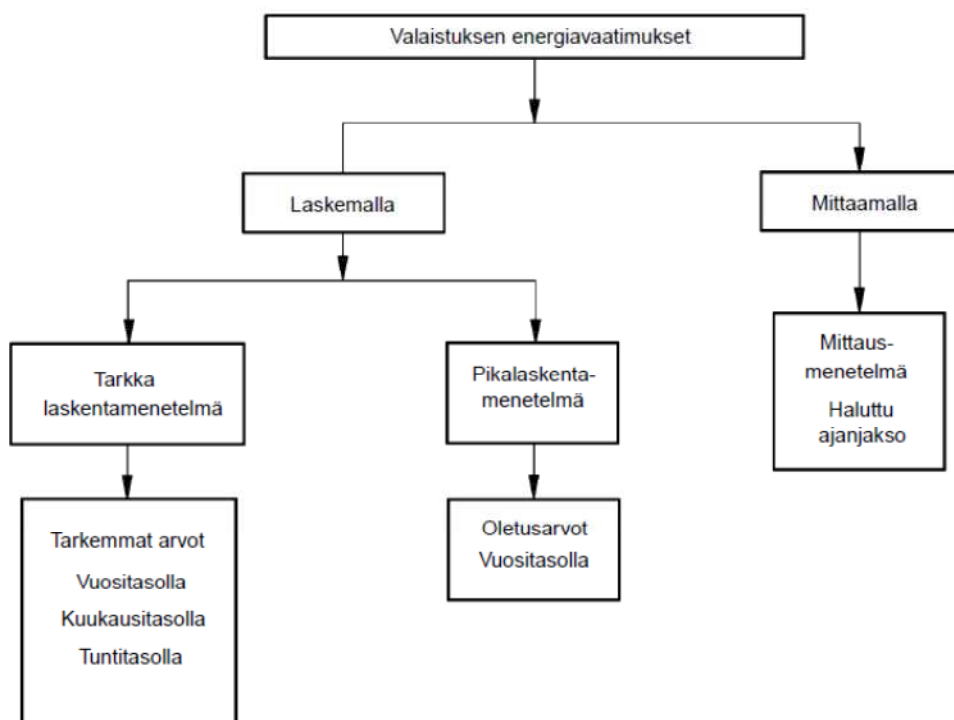
Standardi SFS-EN 15193 määrittää rakennusten sisätilojen valaistuksen käyttämän energiankulutuksen laskentametodin. Standardin tarkoituksena on saada aikaan yhtäläiset edellytykset ja menettelyt julkisten rakennusten valaistuksen energiatarpeen määrittämiseksi. Standardissa on esitetty menetelmät energiankulutuksen määrittämiseksi mittaamalla ja laskemalla. [6, s. 8.]

Rakennuksen valaistuksen käyttämää energiankulutusta voidaan arvioida laskemalla käyttäen tarkkaa laskentamenetelmää tai pikalaskentamenetelmää. Rakennuksen energiankulutus voidaan myös mitata standardin SFS-EN 15193 mukaisia mittausmenetelmiä käyttäen. Laskenta- ja mittausmenetelmillä saatavat tulokset on esitelty vuokaavion avulla kuviossa 1. Niin sanottujen tyypillisten rakennustyyppien valaistusenergian vuosikulutus voidaan arvioida käyttäen pikalaskentamenetelmää. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi koulut, sairaalat ja toimistorakennukset. Tarkkaa laskentamenetelmää käytettäessä arviot ovat tarkempia ja ne voidaan tehdä eri ajanjaksoille kuten kuukausi- tai vuositasolla. Pikalaskentamenetelmällä arvioitu rakennuksen LENI-luku on suurempi, kuin tarkalla laskentamenetelmällä arvioitu. [6, s. 20.]

Valaistuksen käyttämä teho jaetaan kahteen ryhmään, valaistuksen kuluttama teho (valojen ollessa päällä) ja valaistuksen lepokulutus. Valaistuksen kuluttama teho määräytyy rakennuksessa tilakohtaisesti käyttötarkoituksen ja toiminnan perusteella. Valaistuksen on täytettävä standardin SFS-EN 12193 vaatimukset urheilutilojen osalta sekä standardin SFS-EN 12464-1 vaatimukset sisätilojen työpaikkojen osalta. Valaistuksen lepokulutus koostuu valaistusohjausjärjestelmän käyttämästä tehosta ja turvavalojärjestelmän akkujen lataamiseen tarvitta-

vasta tehosta. Turvavalaisusjärjestelmän on täytettävä standardin SFS-EN 1838 vaatimukset. [6, s.20.]

Valaistuksen energiatehokkuutta kuvataan numeerisella energiatehokkuusindikaattorilla. Energiatehokkuusindikaattori eli LENI-luku (Lighting Energy Numeric Indicator) kertoo rakennuksen valaistuksen kuluttaman vuotuisen kokonaisenergian kilowattituntia neliometriä kohti vuodessa ( $\text{kWh/m}^2/\text{a}$ ). [6, s. 16.] Aikaisemmin Suomessa tarkasteltiin valaistuksen käyttämää tehoa neliometriä kohti, mutta nykyään painopiste on siirtynyt tehon käyttöön ajan kuluessa eli energiaan [7, s. 6].



Kuvio 1. Menetelmät energiankulutuksen määrittämiseksi [6, s. 8].

## 4.2 Valaistuksen käyttämän energian arvioiminen laskemalla

Standardi SFS-EN 15193 määrittää metodin rakennuksen valaistuksen kuluttaman energian arvioimiseksi. Energiankulutus riippuu valaisimien kuluttamasta tehosta, läsnäolosta, hyödynnettävästä päivänvalosta, valaistuksen ohjauksesta sekä rakennuksen käyttötunneista päivällä ja yöllä. Rakennuksen valaistuksen

toimintaan ja käyttötarkoitukseen vaadittava valaistusenergia  $W_{L,t}$  arvioidaan kaavalla 1 [6, s. 16].

$$W_{L,t} = \sum \{ (P_n * F_c) * [ (t_D * F_O * F_D) + (t_N * F_O) ] \} / 1000 \quad (1)$$

jossa  $P_n$  = valaistuksen asennettu kokonaisteho huoneessa tai tietyllä alueella [W]

$F_c$  = ylimitoituksen kompensointikerroin

$t_D$  = käyttö valoisaan aikaan [h]

$F_O$  = läsnäolokerroin

$F_D$  = päivänvalon riippuvuuskerroin

$t_N$  = käyttö pimeään aikaan [h]

Turvavalaistusjärjestelmän ja valaistuksen ohjausjärjestelmien kulutus on otettava huomioon kokonaisenergian arvioinnissa. Turvavalaistusjärjestelmän kuluttama energia koostuu turvavalaisimien akkujen lataamisesta. Valaistuksen ohjausjärjestelmien laitteet kuluttavat myös energiaa ollessaan valmiustilassa. Valaistusjärjestelmän lepokulutukseen liittyvä energia  $W_{P,t}$  arvioidaan kaavalla 2. [6, s.18.]

$$W_{P,t} = \sum \{ \{ P_{pc} * [ t_y - (t_D + t_N) ] \} + (P_{em} * t_e) \} / 1000 \quad (2)$$

jossa  $P_{pc}$  = huoneessa tai alueella olevien valaistuksenohjausjärjestelmien lepokulutus [W]

$t_y$  = standardivuosi [h]

$t_D$  = käyttö valoisaan aikaan [h]

$t_N$  = käyttö pimeään aikaan

$P_{em}$  = huoneessa tai alueella olevan turvavalaistuksen varausteho (latausteho) [W]

$t_e$  = turvavalaistuksen varausaika (latausaika) [h]

Kaavojen 1 ja 2 avulla saadaan tarvittavat arvot rakennuksen valaistuksen käyttämän kokonaisenergian  $W$  arviointia varten. Arviointi voidaan tehdä koko ra-

kennukselle tai huonekohtaisesti. Kokonaisenergian arvioinnissa vuositasolla käytetään kaavaa 3 [6, s. 18].

$$W = W_L + W_P \quad (3)$$

jossa  $W_L$  = valaistuksen kuluttama energia [kWh/a]  
 $W_P$  = valaistusjärjestelmän lepokulutus [kWh/a]

Tarkkaa laskentamenetelmää käytettäessä voidaan valaistuksen kokonaisenergian  $W_t$  määrä arvioida eri ajanjaksoina kaavan 4 avulla. [6, s. 18].

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \text{ [kWh]} \quad (4)$$

jossa  $W_{L,t}$  = valaistuksen kuluttama energia [kWh]  
 $W_{P,t}$  = valaistusjärjestelmän lepokulutus [kWh]

Rakennuksen LENI-luku saadaan laskettua kaavalla 5 [6, s. 18].

$$\text{LENI} = W / A \quad (5)$$

jossa  $W$  = valaistukseen käytetty vuotuinen kokonaisenergia [kWh/a]  
 $A$  = (valaistu) huoneistoala [ $\text{m}^2$ ]

## 5 Päiväkodin valaistus

### 5.1 Valaistusjärjestelmän suunnittelun lähtökohdat

Päiväkodin valaistus suunnitellaan käyttäjien eli lasten ja päiväkotihenkilökunnan tarpeet huomioon ottaen. Valaistusvoimakkuuksien tulee olla päiväkodeissa korkeammat, kuin muissa vastaavissa julkisissa tiloissa. Valaistussuunnittelussa huomioidaan tilan monikäyttöisyys ja muunneltavuus.

Sähkösuunnittelijan työtä helpottamaan Sähkötieto ry on laatinut julkaisun (Sähkö- ja telejärjestelmien suunnitteluohjeet, lasten päiväkodit, 2003), joka ohjeistaa päiväkotien taloteknisessä suunnittelussa. Ohjeen tarkoitus on asettaa suunniteltavalle kohteelle minimivaatimukset ja toimia selkokielisenä ohjeena käyttäjän ja suunnittelijan välillä. Tapauksessa, jossa suunnittelija tai työn toteuttava urakoitsija esittää ehdotuksen vaatimukset täyttävästä vaihtoehtoisesta ohjeesta eriävästä menettelytavasta on se hyväksyttävä tilaajalla kirjallisesti. Hankesuunnitelman ollessa ristiriidassa lasten päiväkoteja koskevan ohjeen kanssa tulee asia sopia tilaajan kanssa. [2, s. 7.]

Sähkötieto ry:n laatiman julkaisun lisäksi kaupungilla on oma suunnitteluohje, jonka tarkoituksena on täydentää Sähkötieto ry:n ohjetta kaupunkikohtaisesti. Joensuun kaupungin suunnitteluohjeen mukaan rakennuksen sähkö- ja tietojärjestelmien suunnittelu toteutetaan voimassa olevien määräyksien (sähkö, tele, työsuojelu) ja Sähkötieto ry:n julkaisun (Sähkö- ja telejärjestelmien suunnitteluohjeet, lasten päiväkodit, 2003) mukaisesti [8, s. 1].

## **5.2 Valaistusjärjestelmän vaatimukset**

Joensuun kaupungin suunnitteluohjeen mukaan [8] valaisinmallien valinta tapahtuu arkkitehtuuri ja käyttötarve huomioon ottaen. Valaistuksessa voidaan käyttää epäsuoraan ja suoraan valaisevia tai epäsuoran ja suoran valon yhdistäviä valaisimia. Tehostevalaistus toteutetaan kosketinkiskoon asennettavilla kohdevalaisimilla. [8, s. 2.]

Valonlähteiden on oltava valoteknisiltä ominaisuuksiltaan tehokkaita ja kustannustaloudellisia. Hyväksytyjä valonlähteitä ovat T5-loisteputket, tehokkaat pienisloiste-, monimetalli- (ulkovalaistus) sekä LED-lamput. Kiellettyjä valonlähteitä ovat hehku-, ja halogeenilamput. [8, s. 2.]

### 5.3 Valaistuksen laatuvaatimukset

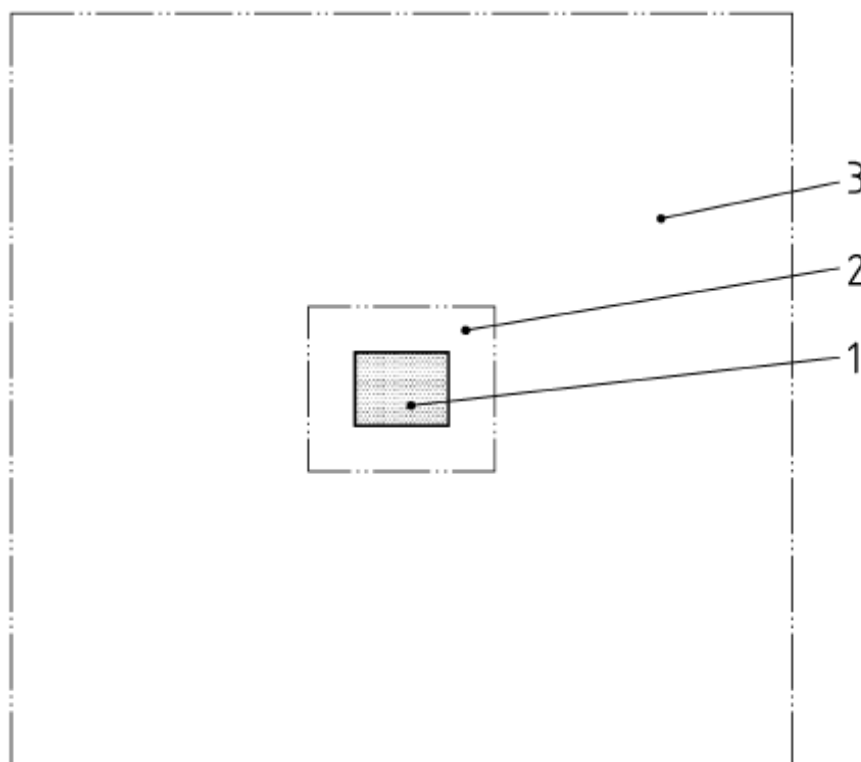
Valaistuksen tulee täyttää standardin SFS-EN 12464-1 ja kaupungin suunniteluohjeen vaatimukset. Päiväkodin tiloja koskevat valaistusvaatimukset, kuten keskimääräinen valaistustaso ( $\bar{E}_m$ ), häikäisyindeksi ( $UGR_L$ ), valaistuksen tasaisuus ( $U_o$ ) ja värintoistoindeksi ( $R_a$ ) ovat nähtävissä taulukosta 1. Suunnittelussa huomioidaan tilojen käytön asettamat erityisvaatimukset sekä monipuolisen käytön asettamat vaatimukset. Hankekohtaiset valaistustasot erityisvaatimukset huomioiden esitetään huonekortteissa, joista selviää kunkin tilan käyttötarkoitus sekä varustus liittyen sähkö- ja telejärjestelmiin [8, s. 3-4.]

Taulukko 1. Päiväkodin valaistusvoimakkuudet [9, s. 38, 40, 54, 58, 60; 7, s. 9–10].

Tila	$\bar{E}_m$ (lx)	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$
Sisäänkäynti	400	22	0,4	80
Märkäeteinen	400	22	0,4	80
Eteinen	400	22	0,4	80
Pesu- ja WC-tilat	300	25	0,4	80
Inva-WC	300	25	0,4	80
Käytävät	300	22	0,4	80
Ryhmätila	400	22	0,4	80
Pienryhmätila	400	22	0,4	80
Lepotila	400	22	0,4	80
Sali	400	22	0,6	80
Toimistotila, johtaja	500	19	0,6	80
Toimistotila, muu henkilöstö	500	19	0,6	80
Henkilökunnan sosiaalitilat	300	25	0,4	80
Henkilökunnan taukotila	300	22	0,4	80
Keittiö	500	22	0,6	80
Siivouskeskus	300	22	0,4	80
Varastot	200	25	0,4	80
Tekniset tilat	300	25	0,4	80
Ulkokatokset	100	25	0,4	80
Ulkovarasto	150	25	0,4	80

Osalle tiloista, kuten ryhmähuone ja käytävä standardi SFS-EN 12464-1 asettaa erityisvaatimuksia. Ryhmähuoneissa tulee välttää korkeita luminansseja katseen suunnassa käyttämällä sopivaa häikäisy suojausta ja käytävillä keskimääräisen valaistusvoimakkuuden on oltava lattiatasolla 150 lx. Muissa päiväkodin tiloissa vaatimukset koskevat valaistusvoimakkuutta käyttötasolla. [9, s. 40, 58.]

Tilat voivat sisältää työalueita, jotka yleensä tulisi rajata suunniteltaessa. Standardi SFS-EN 12464-1 määrittää työalueen ja työalueen välittömän lähiympäristön. Välittömäksi lähiympäristöksi määritellään alue, joka on vähintään 0,5 m leveä vyöhyke näkökentässä työalueen ympärillä. Tausta-alue on vähintään 3 m leveä välitöntä lähiympäristöä ympäröivä alue tilan asettamissa rajoissa. Alueet jakautuvat kuvion 2 osoittamalla tavalla [9, s.20].



Kuvio 2. Työalue (1), välitön lähiympäristö (2) ja tausta-alue (3) [9, s.20].

Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuden tulee olla suhteessa työalueen valaistusvoimakkuuteen, jolloin taataan tasapainoinen luminanssijakauma näkökentässä [9, s. 20]. Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudet näkyvät taulukossa 2.

Taulukko 2. Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus [9, s.20].

Työalueen valaistusvoimakkuus (lx)	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	sama kuin työalueella
100	sama kuin työalueella
≤ 50	sama kuin työalueella

#### 5.4 Energiatehokkuutta koskevat vaatimukset

Valaistus on suunniteltava vastaamaan tilakohtaisia valaistusvaatimuksia ja tarpeita energiatehokkaasti. Energian säästäminen ei kuitenkaan saa olla perusteena valaistusasennuksen näköolosuhteiden heikentämiselle. [9, s. 32.]

Joensuun kaupungin suunnitteluohje antaa tavoitearvot valaistuksen käyttämälle energiankulutukselle (taulukko 3). Valaistustekniikan energiatehokkuusvaatimuksen LENI-luku lasketaan koko kiinteistölle ja yksittäisille tiloille [8, s. 3].

Taulukko 3. Tavoitearvot valaistuksen energiankulutukselle [8, s. 3].

Tilan kuvaus	LENI-luku (kWh/m <sup>2</sup> /a)
Yksittäiset työskentelytilat	10
Ikkunattomat käytävätilat	7
Luonnonvaloa sisältävät käytävätilat	3

#### 5.5 Valaisinasennuksia koskevat vaatimukset

Valaisinten asennustapa riippuu siitä onko kyse pinta-asennettavasta, uppo-asennettavasta vai ripustettavasta valaisimesta. Valaisimen asennustapa, kaapelointi ja asennukseen käytettyjen ripustus tai muiden asennusosien valinta riippuu rakennusmateriaalista, jolle asennus suoritetaan. Asennus ja kaapelointi toteutetaan rakennustekniikan määräyksiä noudattaen ja määräyksien mukaan soveltuvaa asennustekniikkaa käyttäen. [8, s. 3].



## 5.6 Valaisimien valitseminen

Valaisimien asennuksen ja valinnan on tapahduttava niin, että suojausmenetelmille, valaisimen toiminnalle ja ulkoisille tekijöille asetetut vaatimukset tulevat täytetyiksi. Suojaus kosteudelta ja pölyltä tai vierailta esineiltä toteutetaan IP-kotelointiluokitusta käyttäen (taulukko 4). Valaisimien on täytettävä sähkömagneettisia häiriöitä koskevan EMC -direktiivin vaatimukset. Valaisinrakennestandardien tulee täyttää pienjännitedirektiivin turvallisuusvaatimukset. [10, s. 1-2.]

Taulukko 4. Valaisimien kotelointiluokat.

Kotelointiluokka	Kuvaus
IP 2X	kosketussuojaus sormelta
IP 3X	kosketussuojaus työkalulta
IP 4X	kosketussuojaus langalta
IP 5X	suojaus pölyltä
IP 6X	pölytiivis
IP X0	ei vesisuojausta
IP X1	suojattu tippuvalta vedeltä
IP X3	suojattu sateelta
IP X4	suojattu roiskevedeltä
IP X5	suojattu suihkuvedeltä
IP X6	suojattu aallokkoa vastaan
IP X7	vedenpitävyys 1 m veden pinnan alla

## 6 Päiväkodissa käytettävät valaisintyypit

### 6.1 Loistelamppuvalaisin elektronisella liitälaitteella

Elektronisella liitälaitteella varustetun loistelampun purkauksen alkaessa ja lampun palaessa, liitälaitte säättää kaikkia tarvittavia muuttujia niin, että valo olisi tasaista verkkojännitteen vaihteluista huolimatta. Loisteputken vikaantues-  
sa loistelamppu ei jää vilkkumaan vaan liitälaitte sammuttaa sen vian ilme-  
tessä. Markkinoilla on liitälaitteita, jotka pystyvät ilmaisemaan valonlähteen  
avulla verkossa olevan yli- tai alijännitteen. [5, s. 487.]

Tavallisissa loistelamppuvalaisimissa purkausvirran taajuus on sama, kuin verkkovirran taajuus eli 50 Hz. Elektroninen liitälaitte nostaa taajuuden 25-50 kHz, jonka seurauksena loistelampun hyötysuhde kasvaa noin 10 %. Normaalisti lasketaan, että verkkojännite voi vaihdella liitälaitteeseen merkitystä nimellisjännitteestä  $\pm 10$  % ilman, että se aiheuttaisi häiriötä liitälaitteen toiminnalle. [5, s. 487.]

Loistelampun molemmissa päissä on katodeina tai toiselta nimeltään elektrodeina beryliumoksidilla päällystetyt volframihehkulangat. Katodeista irtoavat elektronit ylläpitävät lampun purkausvirtaa. Väärä katodien lämpötila lyhentää loistelampun käyttöikää. [5, s. 487.]

Elektronisilla liitälaitteilla varustetut valaisimet tuottavat vähän yliaaltoja verrattuna tavallisiin kompensoituihin valaisimiin. Ohjearvot ovat tietokoneilla 80 % THD, tavallisilla valaisimilla 20 % THD ja elektronisilla liitälaitteilla alle 10 % THD. [5, s. 487.]

### **6.1.1 Loistelampun sytytystavat**

Loistelamppuja voidaan sytyttää eri tavoin. Lämminkäynnistyksessä loistelampun katodit esilämmitetään ensin optimilämpötilaan, jotta purkaus käynnistyy hallitusti. Lämminkäynnistyksestä estetään lampun polttoikää lyhentävä epätaainen emissio katodeissa. Tämän seurauksena loistelamppujen käyttöikä voi pidentyä jopa 50 %, kohteissa, joissa loistelamppuja sytytetään ja sammutetaan normaalisti. Loistelampun syttymisen jälkeen nykyaikaiset ja laadukkaat liitälaitteet katkaisevat tai pienentävät katodien esilämmitysvirran. Tämä vaikuttaa liitälaitteen energiankulutukseen ja siihen, että T5-loistelamppua käytetään optimaalisessa lämpötilassa. [5, s. 486.]

Kun valaisin käynnistetään ilman optimoitua katodien esilämmitystä, kutsutaan tätä kylmäkäynnistykseksi. Kylmäkäynnistyksessä katodien emissioaine kuluu nopeammin, jolloin loistelampun elinikä lyhenee. Liitälaitteet, joissa ei ole katodien optimoitua esilämmitystä, ovat kooltaan pienempiä ja kustannuksiltaan

edullisempia. Niitä käytetäänkin teollisuudessa ja kohteissa, joissa valaistus kytketään päälle ja pois vain 1-2 kertaa vuorokaudessa. [5, s. 486.]

Himmennystoiminnolla varustettujen elektronisten liitäntälaitteiden sytytystavat riippuvat liitäntälaitteen valmistajasta ja tyypistä. Osa sytyttää loistelampun maksimi arvoon, jonka jälkeen valaistustaso himmennetään nopeasti, kun taas toiset sytyttävät loistelampun esiasetettuun valaistustasoon. [5, s. 486.]

### **6.1.2 Loistelamppuvalaisimien mukavuus ja ympäristötekijät**

Koska elektroniset liitäntälaitteet nostavat purkausvirran taajuuden korkeammaksi on sillä todettu olevan myös terveydellisiä vaikutuksia. Henkilöillä, joiden työpaikalla valaistus on toteutettu elektronisilla liitäntälaitteilla varustetuilla valaisimilla, ovat virkeämpiä, voivat paremmin ja saavat enemmän aikaa verrattuna henkilöihin, joiden työpaikoilla valaisimissa käytetyt kuristimet ovat perinteisiä magneettikuristimia. Tämä johtuu siitä, että aivot havaitsevat valon värinän, jota silmillä ei näe. [5, s. 486.]

Ympäristön kannalta elektronisia liitäntälaitteita käytettäessä merkittävin säästö muodostuu energiankulutuksen pienentymisen kautta. Loistelampun käyttöikä pidentyy 15 % käytettäessä elektronisia liitäntälaitteita. Pitkän käyttöiän myötä myös ympäristön elohopeakuormitus vähenee. [5, s. 486.]

### **6.1.3 Loistelamppuvalaisimien hankinta- ja käyttökustannukset**

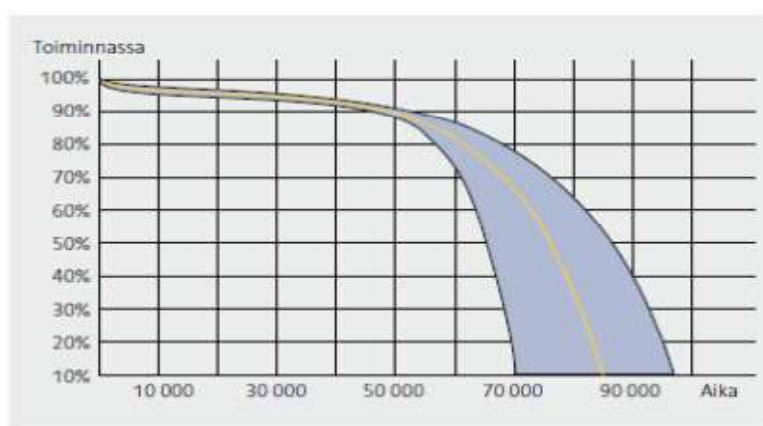
Nostettaessa purkausvirran taajuutta, valon tasaisuuden lisäksi valaisimen hyötysuhde paranee 10 %. Elektroniset liitäntälaitteiden tehohäviöt ovat pienemmät ja ne tuottavat vähemmän lämpöä. Paljon valaisimia sisältävissä tiloissa voidaan säästää ilmastointi- ja jäähdytyslaitteiden hankintakustannuksissa siltä osin, että laitteiden mitoitus voidaan pienentää tämän perusteella. Tämän seurauksena myös energiankulutus vähenee. Korvattaessa toimiston tai kaupan

vanhat T8-loisteputkivalaisimet T5-loisteputkivalaisimilla voidaan vähentää jo olemassa olevien ilmastointi- ja jäähdytyslaitteiden kulutusta.

Valaisimen huoltokustannukset pienenevät, koska valonlähteiden käyttöikä on pidempi magneettikuristimilla varustettuihin valaisimiin nähden. Elektronisilla liitäntälaitteilla varustetuissa valaisimissa ei myöskään ole erillistä sytytintä vaan sytytys on liitäntälaitteessa sisäänrakennettuna.

#### 6.1.4 Loistelamppuvalaisimien elinikä

Elektronisen liitäntälaitteen elinikä määritellään suhteessa ympäristön lämpötilaan. Liitäntälaitteen kotelossa ilmoitettu lämpötilan referenssipiste eli  $t_c$ -piste on oltava hallinnassa tuotteen suunnitteluvaiheessa, koska tämän arvo kertoo liitäntälaitteen kestämän maksimilämpötilan. Arvo on riippuvainen liitäntälaitteen tyypistä ja valmistajasta. Jos  $t_c$ -pisteelle annettu maksimilämpötila ylitetään, liitäntälaitte tuhoutuu. Joillain valaisimilla  $t_c$ -pisteen lämpötila on se lämpötila, jolla oletettu elinikä saavutetaan, kun taas joissakin liitäntälaitteissa oletuselinikä saavutetaan  $t_c$ -pistettä alhaisemmassa lämpötilassa. Tavallisesti liitäntälaittevalmistajat ilmoittavat valaisinvalmistajille lämpötilan, jossa saavutetaan oletuselinikä 50000 h vikatiheydellä 0,2 % / 1000 h. Eliniältään 50000 h olevan laitteen vikatiheys olisi 10 % koko eliniän aikana. Kuvion 3 mukaan, kun liitäntälaitteen  $t_c$ -pisteessä lämpötila ei ylitä valaisinvalmistajan ilmoittamaa maksimilämpötilaa 50000 h:n jälkeen liitäntälaitteista toimii vähintään 90 %. [5, s. 487.]



Kuvio 3. Elektronisten liitäntälaitteiden eliniän hajonta [4, s. 487].

Liitäntälaitteen elinikä on sitä pidempi, mitä matalammassa lämpötilassa  $t_c$ -piste toteutuu. Yksinkertaistettuna sääntönä voidaan sanoa, että 10 °C matalampi lämpötila  $t_c$ -pisteessä kaksinkertaistaa liitäntälaitteen eliniän ja 10 °C korkeampi taas puolittaa sen. [5, s. 487.]

### **6.1.5 Loistelamppuvalaisimien heikkoudet**

T5-loistelamput ovat riippuvaisempia lämpötilasta, kuin T8-loistelamput. T5-loistelamppu saavuttaa maksimivalovirran 35 °C, kun taas T8-loistelamppu 25 °C. Tämä on otettava huomioon, kun T5-loistelamppuvalaisimia käytetään kylmissä olosuhteissa. Käytettäessä valaisinta kylmissä olosuhteissa on suositeltavaa käyttää pakkasloisteputkia. [5, s. 482.]

Toimintataajuus moduloi valoa, jonka seurauksena se saattaa joskus aiheuttaa ongelmia infrapunailmaisimien kanssa, joita käytetään hälytysjärjestelmissä ja valaistuksenohjauksessa. Tämä voidaan välttää oikeanlaisella liitäntälaitteen valinnalla. [5, s. 487.]

Perinteiseen kuristimeen verrattuna puolijohdekomponentteja sisältävä elektroninen liitäntälaitte on herkempi asennusaikaisille kytkentävirheille. Liitäntälaitte voi tuhoutua myös eristysvastusmittauksessa, työmaan sähkökoneiden verkkoon aiheuttamasta virtapiikistä, yllilämmön vaikutuksesta tai jos valaisinta käytetään virtapiirissä jossa nollajohdin ei ole kytkettynä. Liitäntälaitteen sisältämän elektroniikkakomponenttien tilastollisen vikaatiheyden takia erittäin pieni osa liitäntälaitteista vikaantuu heti muutaman tunnin sisällä käyttöönotosta. Liitäntälaitteen pitkän eliniän edellytyksenä on, että valaisin asennetaan ja sitä käytetään valmistajan ohjeiden mukaisesti. [5, s. 483, 487.]

## **6.2 LED-tekniikalla toteutetut valaisimet**

LED-tekniikka on vuosien aikana kehittynyt huimaa vauhtia. Nykyään markkinoilla on saatavilla paljon LED-lamppuja, -valaisimia ja -nauhoja, joiden tarkoi-

tuksena on tarjota perinteisiä valonlähdetyyppejä energiatehokkaampia ratkaisuja kuluttajille. Sähköenergian kallistumisen myötä energiatehokkaat ratkaisut ovatkin aina tervetulleita. LED-valaisin tai -lamppu voi sisältää yhden tai useamman LED-komponentin. LED-moduulit ja LED-nauhat sisältävät useita LED-komponentteja. Moduuleissa LED-komponentit ovat piirikortilla ja LED-nauhoissa peräkkäin aseteltuna.

LED-valonlähteet sopivat erilaisiin valaistussovelluksiin kuten kohde-, yleis- tai ulkovalaistukseen sekä lukuisiin erikoissovelluksiin. Etuna muihin valonlähteisiin on suuri valotehokkuus (lm/W). Suunnittelussa on otettava huomioon LED-valaisimen häikäisyneito, koska teholtan suurien LED-valonlähteiden suuri luminanssi vahingoittaa silmää [11, s. 2]. Valoteholtan suuri LED-valonlähte tarvitsee valaisimen, jossa tarvittavat luminanssi- ja häikäisyominaisuudet on otettu huomioon [11, s. 2].

### **6.2.1 LED-komponentin toiminta**

LED on puolijohdekomponentti, jonka toiminta perustuu pn-liitokseen, jossa elektroniaukkoparin rekombinoituminen saa aikaan fotonin emission. Johdettessa siihen sähkövirtaa alkaa LED tuottaa lähes monokromaattista valoa ympärilleen. Näkyvän valon lisäksi LED -valonlähteillä voidaan tuottaa UV- ja IR-alueen valoa. [11, s. 1].

### **6.2.2 LED-valaisimien mukavuus ja ympäristötekijät**

LED on elohopeaa sisältäviin loistelamppuihin verrattuna ympäristöystävällisempi, koska se ei sisällä ympäristölle vaarallisia aineita ja se on helppo kierrättää. Pitkän eliniän ansiosta LED tuottaa vähän jätettä ympäristöön.

Toisin kuin loistelamput, led-valonlähteet eivät tuota ultraviolettia- tai infrapunasäteilyä. Tästä johtuen led-valonlähteet sopivat hyvin sovelluksiin, joissa

kyseistä säteilyä halutaan välttää. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi museot ja elintarvikkeiden käsittelytilat. [5, s. 491.]

### **6.2.3 LED-valaisimien hankinta- ja käyttökustannukset**

LED -valaisimia mainostetaan energiatehokkaiksi, mutta tällä hetkellä ongelmana on valaisimien korkea hinta. Käyttö- ja huoltokustannukset ovat pienemmät, koska laadukkaiden LED-valaisimien elinikäennusteet ovat pidemmät verrattuna hehkulamppuihin. Pitkäikäisiin T5-loisteputkilamppuihin verratessa LED-valaisimien ja -lamppujen eliniät eivät eroa kuitenkaan merkittävästi.

### **6.2.4 LED-valaisimien elinikä**

LED-valaisinten valovirran pysyvyys vaihtelee tällä hetkellä 35000 - 70000 h välillä puhuttaessa 70 % (L70) valovirran alenemasta. LED-valaisin oikein toimiessaan ei sammu kokonaan, vaan sen valovirta heikkenee ajan myötä. Elinikä ilmoitetaan yleensä niin, että ilmoitetun ajan jälkeen valonlähteen valotehosta on jäljellä 70 % uuteen verrattuna. Osa valmistajista ilmoittaa valovirran säilyvyyden useammassa portaassa esimerkiksi 30 %, 70 % ja 90 %. Laadukkaiden LED-valaisimien takeena valaisinvalmistajat antavat tuotteilleen takuun esimerkiksi niin, että valaisimen vikaantuessa ennenaikaisesti, valaisinvalmistaja korvaa valaisimen ja valaisimen vaihdosta syntyvät kustannukset.

### **6.2.5 LED-valaisimien heikkoudet**

Markkinoilla olevista tuotteista läheskään kaikki eivät ole laadukkaita, joten varmintä on käyttää tunnettujen valaisinvalmistajien tuotteita. Ennenaikaisesti hajoavien valaisinten uusiminen on muodostunut ongelmaksi. LED-valaistus kehittyy jatkuvasti, joten vastaavia valaisimia ei saadakaan tilalle, koska ne ovat jo todennäköisesti vanhentunutta tekniikkaa. Valaistus mitoitetaan tilakohtaisesti ja jos yhden valaisimen vikaantuessa tilalle ei saadakaan valaistusteknisiltä

ominaisuuksiltaan vastaavaa valaisinta tai valonlähdettä, voi tästä seurata pahimmassa tapauksessa, että tilan kaikki valaisimet joudutaan uusimaan.

LED-valaisimia valittaessa on otettava huomioon, että useat moduulivalaisimet ovat kiinteällä valonlähteellä varustettuja eikä valonlähde ole tällöin vaihdettavissa. Tämä tarkoittaa sitä, että koko valaisin on vaihdettava sen vikaantuessa. Ongelmaksi voi myös muodostua, että energiatehokkuudeltaan paras valaisinvaihtoehto ei sovellukaan kohteeseen, koska valaisinta ei ole saatavilla liitäntälaitteella, joka olisi yhteensopiva kohteeseen optimaalisen valaistuksen ohjausjärjestelmän kanssa.

Laadukkaiden LED-valaisinten hinta on vielä suhteellisen korkea verrattuna vastaaviin T5-loisteputkivalaisimiin, jolloin valaisinten takaisinmaksuajat voivat venyä liian pitkiksi korkeiden hankintakustannusten takia. Energiansäästöstä saatava hyöty on tärkeää suhteuttaa hankintakustannuksiin.

## **7 Päiväkodin valaistuksen ohjaus**

### **7.1 Vakiovalo-ohjaus**

Vakiovalo-ohjausta käytettäessä pyritään hyödyntämään päivänvaloa, jolloin pienennetään valaistuksen kuluttamaa energiaa. Säätojärjestelmä pyrkii säilyttämään asetetun valaistustason hyödyntäen tilaan saatavan päivänvalon osuuden valoantureiden avulla. Mitä enemmän päivänvaloa on saatavilla, sitä vähemmän tarvitaan keinovaloa. [12, s. 5.]

Säädöllä hyödynnetään silmän epäherkkyyttä, jolloin korkeilla säädön tasoilla silmämääräisesti säätöä ei havaita, vaikka samanaikaisesti valaistuksen energiankulutus laskee. Silmämääräisesti muutos aistitaan tyypillisesti, kun tehoa on pudotettu 30 %. Valaistustason säätö ei saa toimia liian herkästi tai nopeasti, koska tämä ärsyttää silmää. [12, s. 5.]



Vakiovalo-ohjaus voi yksinkertaisimmillaan olla valaisimessa sisäänrakennettuna, jolloin valaisimessa on valoisuusanturi ja ohjattava elektroninen liitäntälaitte. Valoanturi voi olla myös erillisenä laitteena tai integroituna läsnäoloilmaisimeen. Vertailutasosta riippuen vakiovalo-ohjauksella voidaan säästää energiaa jopa 60 %. Vakiovalo-ohjausta täydennettäessä läsnäolo-ohjauksella voidaan saavuttaa merkittäviä lisäsäästöjä energiankulutuksessa. [12, s. 5.]

## **7.2 Läsnäolo-ohjaus**

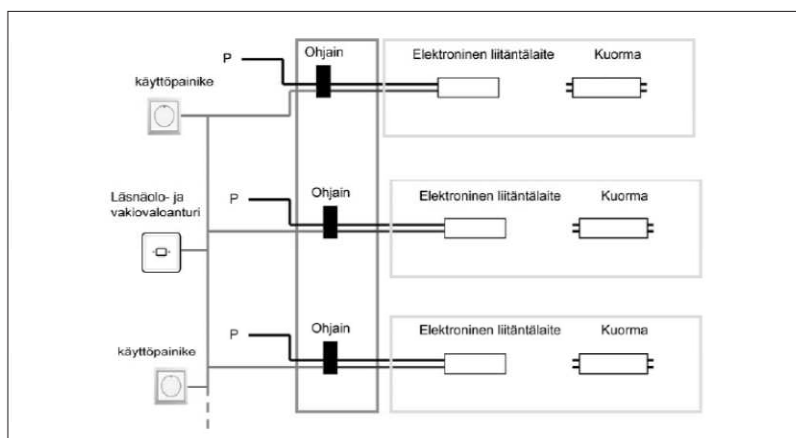
Läsnäolo-ohjaus toteutetaan erilaisilla läsnäolotunnistimilla. Säästetty energian määrä riippuu siitä kuinka paljon tiloissa oleskellaan ja kuinka suuria ovat valvottavat alueet. Läsnäololle voidaan asettaa viive, jonka jälkeen valot sammuvat, mikäli tilassa ei havaita liikettä. Läsnäololle asetettavan viiveen avulla voidaan estää valojen turha sammuminen. Loistelamppuja ohjattaessa viiveen on oltava riittävän pitkä, että lamppujen käyttöiät eivät lyhenisi turhien sytytyksien takia. Laitteiden on oltava myös tarpeeksi herkkiä, jotta valot eivät sammutilasta, kun siellä työskennellään. Valinnassa on huomioitava ohjattavan kuorman tyyppi ja kytkimen soveltuvuus esimerkiksi loistelampuille. [12, s. 5.]

Läsnäolo-ohjaus soveltuu erityisesti satunnaisesti käytettäviin tiloihin, kuten varastot, tekniset tilat ja kodinhoitohuoneet. Läsnäolo-ohjaus soveltuu myös toimisto- ja käytävätilojen ohjaukseen. [12, s. 5.] Yhdistettynä vakiovalo-ohjauksen kanssa läsnäoloa voidaan ohjata niin, että huoneeseen tultaessa valot syttyvät painikkeesta, mutta sammuvat automaattisesti, kun tilassa ei oleskella. Vakiovalo-ohjaus säättää keinovalon määrää päivänvalon perusteella. Valaisinten sytytys tapahtuu manuaalisesti eivätkä valot syty turhaan esimerkiksi silloin, kun huoneeseen tultaessa käännytäänkin pois heti ovella tai silloin, kun valaisimia ei ole tarpeen sytyttää [6, s. 102].

### 7.3 Valaistuksen ohjaustavat

Hankintakustannuksiltaan edullisin tapa toteuttaa rakennuksen valaistuksen ohjaus on manuaalinen ohjaus, joka toteutetaan mekaanisten kytkimien ja painikkeiden avulla. Valaisimia ohjataan päälle ja pois käsikäyttöisesti. Hankintakustannuksiltaan edullisena järjestelmänä se ei kuitenkaan ole yhtä energiatehokas kuin vakiovalo- ja läsnäolo-perusteisesti ohjattu valaistus.

Suunnitelmissa käytettävät ohjaustavat ovat manuaalinen ohjaus ja standardin EN 60929 1 - 10 V analogiaohjaus. Markkinoilla on lukuisia vaihtoehtoja valaistuksen ohjaukseen. Analogiaohjaus ohjaus soveltuu hyvin kyseiseen päiväkotikohteeseen, koska sen avulla voidaan toteuttaa läsnäoloon perustuvan ohjauksen lisäksi myös vakiovalo-ohjaus (kuva 1).



Kuva 1. Läsnäolo- ja vakiovalo-ohjaus [12, s. 6].

Yksinkertaisuutensa vuoksi analogiaohjaus on hankintakustannuksiltaan edullisempi, kuin esimerkiksi DALI. Yleisesti käytettäviä järjestelmiä ovat digitaaliset DSI- ja DALI-ohjaukset, joista DALI on standardoitu (EN 60929) ja DSI epästandardi yhden liitäntälaitevalmistajan kehittämä ohjaus. Kenttäväyläohjaukseen perustuvia järjestelmiä ovat, EIB-, LON- ja KNX -ohjaus. Kenttäväyläohjaukseen perustuvat järjestelmät ovat osana koko kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää. [12, s.6–7.]

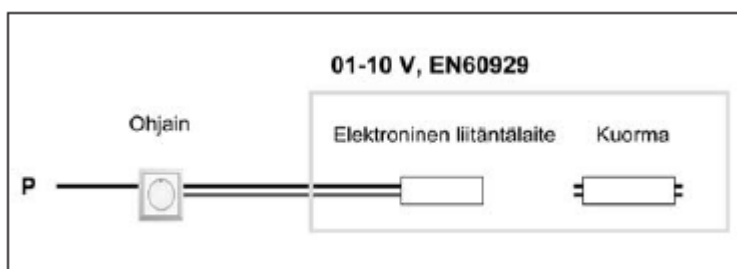
## 7.4 Manuaalinen ohjaus

Valaistuksen ohjaus tapahtuu kytkimien ja painikkeiden avulla. Toiminta periaatteet ovat hyvin yksinkertaiset. Valaisimen käyttöjännite kulkee kytkimen kautta valaisimelle, kun taas painikkeella ohjataan sähkökeskuksessa olevaa kontaktoria tai relettä, joka ohjaa valaisimen käyttöjännitettä. Valaisin ottaa verkosta ollessaan päällä täyden nimellisvirtansa. Tilan tai alueen valaisimet jaetaan sytymisryhmiin.

## 7.5 1 - 10 V:n analogiaohjaus

Yleisin tapa ohjata valaistusta on EN 60929 -standardin mukainen analogiaohjaus. Ohjausjännite on 1-10 V DC. Järjestelmän valaisimet eivät sammu kokonaan järjestelmän ohjauksella vaan tätä varten on oltava kytkin, joka katkaisee valaisimen käyttöjännitteen. Yleensä kytkin on sisäänrakennettuna ohjauslaitteessa. Yleensä yksi ohjauslaite kykenee ohjaamaan 50 valaisinta. Tämä riippuu kytkimen katkaisukykyvystä, jolloin kytkettävien valaisinten määrä voi olla pienempikin [12, s.5–6.]

Analogiaohjaus on hankintakustannuksiltaan DALI-ohjausta edullisempi toteuttaa eikä se vaadi ohjelmointia. Se onkin kustannustehokas tapa toteuttaa valaistuksen ohjaus esimerkiksi päiväkotiin, johon ei välttämättä tarvita kaikkia DALI-ohjauksen tarjoamia ominaisuuksia. Lisäksi markkinoilla on tarjolla runsaasti standardin EN 60929 mukaisen analogiaohjauksen kanssa yhteensopivia liitántä- ja ohjauslaitteita. Liitántä- ja ohjauslaitteita on saatavilla useilta eri valaisin- ja ohjauslaitevalmistajilta. Kuvassa 2 on esitetty analogiaohjauksen periaate.



Kuva 2. EN 60929 -standardin 1-10 V analogiohjauksen periaatekuvaus [12, s. 6].

Kuvassa 4, tunnuksella P oleva verkkojännitteellinen johto kulkee ohjaimen läpi valaisimen liitäntälaitteelle. Ohjaimen katkaisukyvyyn on oltava riittävä valaistuskuormalle. Ohjaimelta lähtevä toinen johto on 1-10 V-ohjausta varten. Ohjausjohdin on mitoitettava pääjännitteen mukaan, koska standardin mukaisten elektronisten liitäntälaitteiden ohjauspuoli on kaksoiseristämätön. Ohjauspiiri on kaksinapainen (+ ja -). Napaisuuden on säilyttävä koko ohjausvirtapiirissä. Kytettäessä navat vahingossa ristiin valaisimet säätävät minimitasolle eikä valaisimien säätö toimi muuten kuin päälle/pois-ohjauksella. [12, s. 5.]

Analogisessa ohjauksessa ohjausjohdinpariin liitetyt elektroniset liitäntälaitteet ovat samaa säätävää ryhmää. Suuremmissa valaistusryhmissä, ohjauspiirin loppupäässä olevat valaisimet voivat palaa himmeämmin, kuin alkupään valaisimet. Tämä johtuu johdossa syntyvästä jännitehäviöstä. Ohjausjohtimen pituus on rajattu eikä sen tule ylittää 300 metriä. Ohjaustoimintojen muutos edellyttää ohjauspiirin kaapeloinnin muutosta. [12, s. 5.]

## 8 Vertailtavat suunnitelmat

### 8.1 Suunnitelma 1

Suunnitelmassa 1 valaistus on toteutettu loistelamppuvalaisimia käyttäen. Valaisimet on varustettu elektronisilla liitäntälaitteilla. Taulukossa 5 on esitelty suunnitelmassa käytettävät valaisimet, valaisinten kokonaistehot, valaisinten

valovirrat taulukon 5 lampuilla, lamppujen valovirrat sekä valaisinten valotehokkuudet.

Taulukko 5. Suunnitelman 1 valaisimet ja tiedot.

Valaisin	P <sub>VAL</sub> (W)	Φ <sub>VALAISIN</sub> (lm)	Φ <sub>LAMPUT</sub> (lm)	K <sub>VALAISIN</sub> (lm/W)
Ensto AVR1.118E	18	627	1200	35
Ensto AVR400.2184E	36	1141	2400	32
Alppilux ALH13214 T5 14 W	17	876	1350	52
Alppilux AL14214 T5 14W 2-OS PR	17	876	1350	52
Alppilux Alpo AP281433 T5 1x28W	32	2121	2600	66
Alppilux AL14028 T5 28W	32	1687	2600	53
Alppilux AL14128 T5 28W	32	1687	2600	53
Alppilux Alpo AP282433 T5 2x28W	62	4473	5200	72
Alppilux Alpo AP351700 T5 1x35W VA	40	2446	3300	61
Alppilux Alpo AP351433 T5 1x35W	40	2913	3300	73
Alppilux Alpo AP491433 T5 1x49W	56	3795	4300	68
Exaktor Naiad 2511/28 T5 1x28W	33	1862	2600	56
Exaktor Naiad 2512/28 T5 2x28W	62	4234	5200	68
Exaktor Naiad 2512/35 T5 2x35W	76	5374	6600	71
Exaktor Naiad 2512/49 T5 2x49W	111	7002	8600	63
Mirac 2x28W 60R T5 840 HF	62	4340	5200	70
Thorn Optus IV DI 2x28 W HF WHI DSB ML	62	4835	5200	78

Valaistuksen ohjaus on toteutettu manuaalisesti tai läsnäolo -perusteisesti. Esylux PD-C360i/8 (liite 2) ja Esylux PD-C360i/8 Slave -tyyppiset (liite 2) läsnäolotunnistimet ohjaavat valaisimia päälle ja pois. Suunnitelmassa ei käytetä vakiovalo-ohjausta tai himmennystä. Kytkimillä ja painikkeilla ohjataan valaisimien syttymisryhmiä. Tilakohtainen sijoittelu on esitetty liitteessä 1. Suunnitelmassa käytettävät kytkimet ja läsnäolotunnistimet on esitelty luetelmassa.

#### Tyyppi

ABB kytkin 1, Jussi  
 ABB kytkin 6, Jussi  
 ABB kytkin 5, Jussi  
 ABB painike 6, Jussi  
 Esylux PD-C360/8 Slave  
 Esylux PD-C360i/8

## 8.2 Suunnitelma 2

Suunnitelmassa 2 valaistus on toteutettu pääosin LED-valaisimia käyttäen. Valaisimet on varustettu analogiaohjaukseen tarkoitetuilla LED-liitäntälaitteilla, niiden tilojen osalta, joissa valaistusta ohjataan vakiovalo- tai läsnäolo-perusteisesti tai himmennyksellä halutaan parantaa valaistuksen säädettävyyttä. Osassa tiloista käytetään T5-loistelamppuvalaisimia, koska vastaavuus kyseistä valaistussovellusta varten on ollut LED-valaisimien valikoimassa huono. LED-valaisimissa on otettava huomioon valaisimen valotehokkuus verrattuna vastaavaan loistelamppuvalaisimeen. Taulukossa 6 on esitelty suunnitelmassa käytettävät valaisimet, valaisinten kokonaistehot, valaisinten valovirrat taulukon 6 lamput, lamppujen valovirrat sekä valaisinten valotehokkuudet.

Taulukko 6. Suunnitelman 2 valaisimet ja tiedot.

Valaisin	P <sub>VAL</sub> (W)	Φ <sub>VALAISIN</sub> (lm)	Φ <sub>LAMPUT</sub> (lm)	K <sub>VALAISIN</sub> (lm/W)
Ensto AVR254.19L	9,5	364	364	38
Ensto AVR320.1204L	18	1334	1720	74
Alpilux ALH13214 T5 14 W	17	876	1350	52
Alpilux AL14214 T5 14W 2-OS PR	17	876	1350	52
Alpilux Alpo AP281433 T5 1x28W	32	2121	2600	66
Alpilux AL14028 T5 28W	32	1687	2600	53
Alpilux AL14128 T5 28W	32	1687	2600	53
Alpilux Alpo AP351700 T5 1x35W VA	40	2446	3300	61
Alpilux Alpo AP351433 T5 1x35W	40	2913	3300	73
Alpilux Alpo AP491433 T5 1x49W	56	3795	4300	68
Exaktor Naiad 2511/28 T5 1x28W	33	1862	2600	56
Exaktor Naiad 2512/49 T5 2x49W	111	7002	8600	63
Elektroskandia SLR-109/led 4x8,5W/4000K/OP	40	3010	3010	75
Elektroskandia SLR-109/led 4x8,5W/4000K/PR	40	3760	3760	94
Elektroskandia SLR-109/led 5x8,5W/4000K/PR	50	4700	4700	94
Airam Plateia Rectangle 4000K DIM	40,7	3407	3407	84
Airam Plateia Square 4000K DIM	55,7	4648	4648	83
Thorn Optus IV DI 2x28 W HF WHI DSB ML	62	4835	5200	78

Tunnistimet, joissa on tyyppimerkintä DIM, on varustettu läsnäolo ja vakiovalo - perusteisella ohjauksella. Tunnistimet, joissa kyseistä tyyppimerkintää ei ole ohjaavat valaistusta päälle ja pois läsnäoloon perustuen. Tyypiltään PD-C360i/24 DIM -läsnäolotunnistimia (liite 2) on käytetty käytävissä ja eteisissä.

Kyseisien tunnistimien valvonta-alue on laajempi, jolloin ne soveltuvat pitkiin ja kapeisiin tiloihin. Käytävissä ja eteisissä himmennys tapahtuu läsnäolon perusteella niin, että valaisimet eivät sammu kokonaan. Silloin, kun tiloissa ei havaita liikettä, valaisimet himmennetään 10 %:iin normaalivoimakkuudesta. Halutun ajan jälkeen valaisimet sammuvat kokonaan, ellei liikettä tänä aikana ole havaittu. Tilakohtainen sijoittelu on esitetty liitteessä 2. Suunnitelmassa käytettävät kytkimet ja läsnäolotunnistimet on esitelty luettelussa.

---

Tyyppi
ABB kytkin 1, Jussi
ABB kytkin 5, Jussi
ABB painike 6, Jussi
ABB valonsäädin 1-10 V, Jussi
Esylux PD-C360i/8 DIM
Esylux PD-C360i/24 DIM
Esylux PD-C360i/8
Esylux Mobil-PDi/plus
Esylux Mobil-Pdi/User

---

Valonsäätimiä (ABB valonsäädin 1 - 10 V), on käytetty vain ryhmähuoneissa 2, koska siellä lapset nukkuvat eikä siellä voida käyttää ohjausta läsnäoloon perustuen. Painikkeita (ABB painike 6, Jussi) on käytetty tiloissa, joissa valaistus ohjataan manuaalisesti päälle, mutta sammutus tapahtuu automaattisesti. Painikkeiden avulla tilan valaistusta voidaan himmentää manuaalisesti. Osassa tiloista, joissa ei ole käytetty läsnäolo- ja vakiovalo -perusteista ohjausta tai valaisimia ei himmennetä, on käytetty ABB Jussi -sarjan kytkimiä.

Mobil-PDi/Plus ja Mobil-PDi/User -tyyppiset laitteet ovat kaukosäätimiä, joiden avulla tunnistimien halutut toiminnot asetellaan. Mobil-PDi/Plus -kaukosäätimen avulla tunnistimien parametrit voidaan säätää ilman tikkaita käyttöönottovaiheessa. Mobil-PDi/User -loppukäyttäjäkaukosäädin on parametrien asetteluun tarkoitettu, yksinkertaistettu malli loppukäyttäjää varten.

### 8.3 Suunnitelma 3

Suunnitelmassa 3 valaistus on toteutettu käyttäen loistelamppuvalaisimia. Eroavaisuutena suunnitelman 1 valaisimiin on, että suunnitelman 3 valaisimet on varustettu analogiaohjaukseen tarkoitetuilla elektronisilla liitäntälaitteilla, niiden tilojen osalta, joissa valaistusta ohjataan vakiovalo- tai läsnäolo - perusteisesti tai himmennyksellä halutaan parantaa valaistuksen säädettävyyttä. Taulukossa 7 on esitelty suunnitelmassa käytettävät valaisimet, valaisinten kokonaistehot, valaisinten valovirrat taulukon 7 lampuilla, lamppujen valovirrat sekä valaisinten valotehokkuudet.

Taulukko 7. Suunnitelman 3 valaisimet ja tiedot.

Valaisin	P <sub>VAL</sub> (W)	Φ <sub>VALAISIN</sub> (lm)	Φ <sub>LAMPUT</sub> (lm)	K <sub>VALAISIN</sub> (lm/W)
Ensto AVR1.118E	18	627	1200	35
Ensto AVR400.2184E	36	1141	2400	32
Alpilux ALH13214 T5 14 W	17	876	1350	52
Alpilux AL14214 T5 14W 2-OS PR	17	876	1350	52
Alpilux Alpo AP281433 T5 1x28W	32	2121	2600	66
Alpilux AL14028 T5 28W	32	1687	2600	53
Alpilux AL14128 T5 28W	32	1687	2600	53
Alpilux Alpo AP282431 T5 2x28W DIM 1-10V	62	3909	5200	63
Alpilux Alpo AP351700 T5 1x35W VA	40	2446	3300	61
Alpilux Alpo AP351433 T5 1x35W	40	2913	3300	73
Alpilux Alpo AP491433 T5 1x49W	56	3795	4300	68
Exaktor Naiad 2511/28 T5 1x28W	33	1862	2600	56
Exaktor Naiad 2512/28 T5 2x28W	62	4234	5200	68
Exaktor Naiad 2512/35 T5 2x35W	76	5374	6600	71
Exaktor Naiad 2512/49 T5 2x49W	111	7002	8600	63
Elektroskandia Mirac 2x28W 60R T5 DIM 1-10V	62	4340	5200	70
Thorn Omega2 3x14 W T16 HF DSB DIM 1-10V	47	2743	3600	58
Thorn Optus IV DI 2x28 W HF WHI DSB ML	62	4835	5200	78

Valaistuksen ohjaus tapahtuu samoilla kytkimillä ja läsnäolotunnistimilla kuin suunnitelmassa 2. Tilakohtainen sijoittelu on esitetty liitteessä 2. Suunnitelmassa käytetyt kytkimet ja läsnäolotunnistimet on esitelty suunnitelman 2 luettelussa.



## 9 Tulokset

### 9.1 Kustannuslaskelmat

Laskelmissa käytetyt hinnat ovat SLO ja Elektroskandia -sähkötukkuliikkeiden internet-sivustoilla olevista hinnastoista [13, 14]. Hinnat perustuvat tukkuliikkeiden kuluttajahinta-arvioihin. Kustannuslaskelmassa on huomioitu uppoasennettavien kytkinten, läsnäolotunnistimien ja valonsäätimen asennukseen tarvittavat kojerasiat ja peitelevyt. Valaisinten kaapelointiin liittyviä kustannuksia ei ole otettu huomioon. Laskelmissa käytetyt hinnat ovat arvonlisäverottomia.

Hintaerot valaisinvalmistajien välillä voivat olla suuret. Valaisimissa niin kuin muissakin tuotteissa pelkästään valmistajan nimi voi tuoda lisähintaa, vaikka kyseessä olisi perusvalaisin. Valaisimia valittaessa on suositeltavaa käyttää markkinoille vakiintuneiden valaisinvalmistajien tuotteita, koska valaisinten viikaantuessa valaisimia ja varaosia on oltava saatavilla myös tulevaisuudessa. Hankkeissa, joissa valaistukseen on niukasti rahaa varattuna, on valaisimia valittaessa osattava etsiä käyttökohteeseen sopiva valaisin myös kustannukset huomioon ottaen.

#### 9.1.1 Suunnitelman 1 kustannuslaskelmat

Suunnitelmassa käytetyt valaisimet ovat vaatimusten mukaisia perusvalaisimia ja hankintakustannuksiltaan edullisia. Suunnitelman 1 valaisinten kappalemäärät ja hinnat on esitelty taulukossa 8.

Taulukko 8. Suunnitelman 1 valaisinten kappalemäärät ja hinnat.

Valaisin	Määrä (kpl)	Hinta/kpl (€)	Hinta yhteensä (€)
Ensto AVR1.118E	2	167	334,00
Ensto AVR400.2184E	13	327	4251,00
Alpilux ALH13214 T5 14 W	10	85,5	855,00
Alpilux AL14214 T5 14W 2-OS PR	4	82	328,00
Alpilux Alpo AP281433 T5 1x28W	13	182	2366,00
Alpilux AL14028 T5 28W	33	71,5	2359,50

Taulukko 8. Suunnitelman 1 valaisinten kappalemäärät ja hinnat.

Valaisin	Määrä (kpl)	Hinta/kpl (€)	Hinta yhteensä (€)
Alppilux AL14128 T5 28W	2	80	160,00
Alppilux Alpo AP282433 T5 2x28W	21	185	3885,00
Alppilux Alpo AP351700 T5 1x35W VA	1	127	127,00
Alppilux Alpo AP351433 T5 1x35W	16	203	3248,00
Alppilux Alpo AP491433 T5 1x49W	1	203	203,00
Exaktor Naiad 2511/28 T5 1x28W	19	91	1729,00
Exaktor Naiad 2512/28 T5 2x28W	19	89	1691,00
Exaktor Naiad 2512/35 T5 2x35W	14	106	1484,00
Exaktor Naiad 2512/49 T5 2x49W	10	99	990,00
Elektroskandia Mirac 2x28W 60R T5 HF	96	206	19776,00
Thorn Optus IV DI 2x28 W HF WHI DSB ML	5	421	2105,00
Hinta yhteensä (€)			45891,50

Ohjauslaitteet ja tarvikkeet ovat markkinoille vakiintuneiden valmistajien tuotteita. ABB Jussi -kalustesarja on varmasti tänäkin päivänä yksi yleisimmin käytetyistä Suomessa. Suunnitelmassa käytettävät ohjauslaitteet ja tarvikkeet on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Suunnitelman 1 ohjauslaitteet ja tarvikkeet.

Tyyppi	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Hinta yhteensä (€)
ABB kytkin 1, Jussi, ei lisäliittimiä	58	8,5	493
ABB kytkin 6, Jussi, ei lisäliittimiä	28	9,5	266
ABB kytkin 5, Jussi, ei lisäliittimiä	2	12,7	25,4
ABB painike 6, Jussi, ei lisäliittimiä	52	16,12	838,24
ABB peitelevy, Jussi, 85mm, 1-aukkoinen	1	3,23	3,23
ABB peitelevy, Jussi, 85mm, 2-aukkoinen	27	5,1	137,7
ABB peitelevy, Jussi, 85mm, 3-aukkoinen	44	7,45	327,8
ABB peitelevy, Jussi, 85mm, 4-aukkoinen	4	10,9	43,6
ABB kiintonysäkojerasia AU5.2	166	3,34	554,44
Esylux PD-C360/8 Slave (8/24)	7	175	1225
Esylux PD-C360i/8 (8/24)	19	215	4085
Hinta yhteensä (€)			7999,41

### 9.1.2 Suunnitelman 2 kustannuslaskelmat

Hankintakustannuksiltaan kalleimmat valaisimet ovat Airam Plateia Square ja Airam Plateia Rectangle sarjan LED-moduulivalaisimet. Kyseisiä valaisimia on käytetty tiloissa, joissa suunnitelmissa 1 ja 3 on käytetty Elektroskandia Mirac -

sarjan loistelamppuvalaisimia. LED-valaisimien hankintakustannukset ovat lähes kaksinkertaiset verrattuna vastaaviin loistelamppuvalaisimiin. Elektroskandia SLR-109 -sarjan LED-valaisimia on käytetty korvaamaan suunnitelmissa 1 ja 3 käytettyjä Naiad-sarjan loistelamppuvalaisimia. Myös näiden valaisinten hinnoissa huomataan, että LED-valaisimet ovat hankintakustannuksiltaan kaksinkertaiset. Ensto AVR-sarjan valaisimet ovat myös LED-valaisimia. Kyseiset valaisimet ovat vastaavia kuin suunnitelmissa 1 ja 3 käytetyt Ensto AVR -sarjan loistelamppuvalaisimet, mutta hintaero valaisinten välillä ei ole enää niin suuri. Suunnitelmassa 2 käytettyjen LED-valaisimien energiankulutus on kuitenkin pienempi kuin loistelamppuvalaisimien, kuten luvussa 8.2 esitetystä taulukosta 6 voidaan nähdä. Suunnitelmassa 2 käytettävät valaisimet ja valaisimien hinnat on esitelty taulukossa 10.

Taulukko 10. Suunnitelman 2 valaisinten kappalemäärät ja hinnat.

Valaisin	Määrä (kpl)	Hinta/kpl (€)	Hinta yhteensä (€)
Ensto AVR254.19L	2	199,00	398,00
Ensto AVR320.1204L	13	455,00	5915,00
Alpilux ALH13214 T5 14 W	10	85,50	855,00
Alpilux AL14214 T5 14W 2-OS PR	4	82,00	328,00
Alpilux Alpo AP281433 T5 1x28W	6	182,00	1092,00
Alpilux AL14028 T5 28W	12	71,50	858,00
Alpilux AL14128 T5 28W	2	80,00	160,00
Alpilux Alpo AP351700 T5 1x35W VA	1	127,00	127,00
Alpilux Alpo AP351433 T5 1x35W	6	203,00	1218,00
Alpilux Alpo AP491433 T5 1x49W	1	203,00	203,00
Exaktor Naiad 2511/28 T5 1x28W	19	91,00	1729,00
Exaktor Naiad 2512/28 T5 2x28W	1	89	89,00
Exaktor Naiad 2512/49 T5 2x49W	10	99,00	990,00
Elektroskandia SLR-109/led 4x8,5W/4000K/OP	22	206,25	4537,50
Elektroskandia SLR-109/led 4x8,5W/4000K/PR	11	206,25	2268,75
Elektroskandia SLR-109/led 5x8,5W/4000K/PR	14	225,00	3150,00
Airam Plateia Rectangle 4000K DIM	21	378,00	7938,00
Airam Plateia Square 4000K DIM	126	378,00	47628,00
Thorn Optus IV DI 2x28 W HF WHI DSB ML	5	421,00	2105,00
<b>Hinta yhteensä (€)</b>			81589,25

Läsnäolotunnistimien hankintakustannukset verrattuna suunnitelmaan 1, ovat kalliimmat, koska läsnäolotunnistimissa on vakiovalo- sekä himmennys-ohjaus. Kytkinten ja painikkeiden sekä peitelevyjen osalta hankintakustannukset ovat

kuitenkin pienemmät, koska tiloissa ei tarvita ohjausta erillisille syttymisryhmille. Suunnitelmassa käytettävät ohjauslaitteet ja tarvikkeet on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Suunnitelman 2 ohjauslaitteet ja tarvikkeet.

Tyyppi	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Hinta yhteensä (€)
ABB kytkin 1, Jussi, ei lisäliittimiä	20	8,5	170
ABB kytkin 5, Jussi, ei lisäliittimiä	2	12,7	25,4
ABB painike 6, Jussi, ei lisäliittimiä	24	16,12	386,88
ABB valonsäädin 1-10 V, Jussi	7	81	567
ABB peitelevy, Jussi, 85mm, 1-aukkoinen	1	3,23	3,23
ABB peitelevy, Jussi, 85mm, 2-aukkoinen	25	5,1	127,5
ABB peitelevy, Jussi, 85mm, 3-aukkoinen	3	7,45	22,35
ABB kiintonysäkojerasia AU5.2	106	3,34	354,04
Esylux PD-C360i/8 DIM (8/24)	20	226	4520
Esylux PD-C360/8 Slave (8/24)	8	175	1400
Esylux PD-C360i/24 DIM (24/40)	9	340	3060
Esylux PD-C360i/8 (8/24)	23	215	4945
Esylux Mobil-PDi/plus	1	51	51
Esylux Mobil-Pdi/User	1	50	50
<b>Hinta yhteensä (€)</b>			<b>15682,40</b>

### 9.1.3 Suunnitelman 3 kustannuslaskelmat

Suunnitelman 3 himmennettävillä DIM liitäntälaitteilla varustetut valaisimet ovat kustannuksiltaan edullisempia kuin suunnitelman 2 LED-valaisimet. Suunnitelmassa 3 käytetyn Thorn Omega 2 3x14 T16 HF DSB DIM 1 - 10 V -tyyppisen valaisimen hintatiedot on otettu Alppilux Oy:n suositushinnastosta [16], koska kyseisen valaisimen hintatietoja ei sähkötukkuliikkeiden Internet -sivustoilla ole ollut saatavilla. Suunnitelmassa 3 käytettävät valaisimet ja valaisimien hinnat on esitelty taulukossa 12.

Taulukko 12. Suunnitelman 3 valaisinten kappalemäärät ja hinnat.

Valaisin	Määrä (kpl)	Hinta/kpl (€)	Hinta yhteensä (€)
Ensto AVR1.118E	2	167	334
Ensto AVR400.2184E	13	327	4251
Alppilux ALH13214 T5 14 W	10	85,5	855
Alppilux AL14214 T5 14W 2-OS PR	4	82	328
Alppilux Alpo AP281433 T5 1x28W	6	182	1092
Alppilux AL14028 T5 28W	33	71,5	2359,5
Alppilux AL14128 T5 28W	2	80	160
Alppilux Alpo AP282431 T5 2x28W DIM 1-10V	28	197	5516
Alppilux Alpo AP351700 T5 1x35W VA	1	127	127
Alppilux Alpo AP351433 T5 1x35W	6	203	1218
Alppilux Alpo AP491433 T5 1x49W	1	203	203
Exaktor Naiad 2511/28 T5 1x28W	19	91	1729
Exaktor Naiad 2512/28 T5 2x28W	19	89	1691
Exaktor Naiad 2512/35 T5 2x35W	14	106	1484
Exaktor Naiad 2512/49 T5 2x49W	10	99	990
Elektroskandia Mirac 2x28W 60R T5 DIM 1-10V	96	258	24768
Thorn Omega2 3x14 W T16 HF DSB DIM 1-10V	10	187,4	1874
Thorn Optus IV DI 2x28 W HF WHI DSB ML	5	421	2105
<b>Hinta yhteensä (€)</b>			<b>51084,5</b>

Suunnitelmassa käytetyt ohjauslaitteet ovat määriltään ja toiminnoiltaan ja hankintakustannuksiltaan samat, kuin luvussa 9.1.2 esitellyt taulukon 11 laitteet.

## 9.2 Energiankulutus

Päiväkodin valaistuksen käyttämää kokonaisenergiaa arvioitiin Dialux-valaistuslaskentaohjelmassa olevaa energianarviointityökalua käyttäen. Ohjelma laskee rakennuksen valaistuksen energiankulutuksen, standardin SFS-EN 15193 määrittämällä laskentamallilla. Rakennuksen valaistuksen kokonaisenergian määrittäminen ohjelmalla tapahtuu projektitiedostoon mallinnettujen tilojen valaistuksen käyttämän tehon, tilassa harjoitettavan toiminnan ja tilaan saatavan päivänvalon perusteella.

Energia-arviota tehdessä jokainen tila on arvioitu erikseen tilan valaisinten kokonaistehon, läsnäolon, valaistuksen ohjauksen ja sinne saatavan päivänvalon perusteella. Lisäksi jokaiseen tilaan on määritetty vuotuiset käyttötunnit päivällä

ja yöllä. Kaikki tilat, jotka ovat käytössä koko päiväkodin käyttöaikana, on käytötunteina käytetty 2900 h/a päivällä ja 200 h/a yöllä. Johtajan huoneessa käyttöajaksi on arvioitu 1800 h/a päivällä ja 200 h/a yöllä.

Laskentatuloksesta saadaan arvio rakennuksen LENI-luvusta, valaistuksen käyttämästä kokonaisenergiasta ja lepokulutuksen käyttämästä kokonaisenergiasta. Tulokset on esitetty vuositasolla. Laskentaohjelmalla tehty energia-arvio on nimensä mukaisesti arvio, josta saadut tulokset eivät täysin täsmää todellisuudessa toteutuvan energiankulutuksen kanssa. Tarkkaa kulutusta määrittäessä käytetään standardin SFS EN 15193 mukaisia mittausmenetelmiä.

Tarkasteltaessa valaistuksen kuluttamaa kokonaisenergiaa vuositasolla taulukon 13 arvojen perusteella, on suunnitelman 1 energiankulutus vertailun korkein ja suunnitelman 2 pienin. Ero näiden kahden suunnitelman välillä on 8372,65 kWh/a. Säästetty energia vastaa karkeasti arvioituna pientalon vuotuista energiankulutusta, jossa ei ole sähkölämmitystä. Suunnitelmien 1 ja 3 välinen ero on 6377,23 kWh/a ja ero suunnitelmien 2 ja 3 välillä 1995,42 kWh/a. Tulosten perusteella ohjattaessa rakennuksen valaistusta läsnäolo- ja vakiovalo-perusteisesti voidaan säästää energiaa riippumatta siitä käytetäänkö LED- vai loistelamppuvalaisimia.

Laskennassa käytetty lepokulutus turvavalaisimien osalta perustuu turvalaisinvalmistajan tekemään energiankulutuslaskelmaan [15], joka on tehty 100 turvavalaisimen järjestelmälle. Päiväkodissa on käytetty Neptolux-turvavalaisinjärjestelmää, jossa turva- ja poistumistievalot ovat LED-valaisimia. Päiväkodissa turvavalaisimia ja poistumistievalaisimia on yhteensä 78 kpl, joten arvio on hieman yläkanttiin. Kulutus on kuitenkin niin pieni, että sillä ei ole juurikaan merkitystä valaistuksen kuluttaman kokonaisenergian määrään.

Valaistuksen ohjaukseen käytettävä lepokulutus perustuu tunnistinvalmistajan antamiin tietoihin, jolloin yhden tunnistimen kulutus on alle 0,3 W. Tämän tarkempia tietoja ei ollut saatavilla, joten laskelmissa käytetty arvo on 0,3 W. Suunnitelman 1 lepokulutus on pienin, koska läsnäolotunnistimia on vähemmän, verrattuna suunnitelmiin 2 ja 3.

Taulukko 13. Valaistuksen energiankulutus eri suunnitelmissa.

Suunnitelma	$W_L$ (kWh/a)	$W_P$ (kWh/a)	$W$ (kWh/a)	$A$ (m <sup>2</sup> )	LENI (kWh/a*m <sup>2</sup> )
1	34873,46	481,80	35355,26	1769,21	19,98
2	26439,49	543,12	26982,61	1769,21	15,25
3	28434,91	543,12	28978,03	1769,21	16,38

### 9.3 Hankintakustannukset verrattuna energiakustannuksiin

Tarkastelun kohteena olivat valaisinten ja ohjauslaitteiden kokonaishankintakustannukset suhteutettuna sähköenergiasta aiheutuviin kokonaiskustannuksiin. Vertailussa on käytetty Tilastokeskuksen ilmoittamia vuoden 2012 sähköenergian kuukausihintoja (liite 3), joista saatu keskiarvo on 10,83 snt/kWh. Hinta sisältää sähköenergian, siirtomaksun ja verot. Hintatiedot kohdistuvat yritys- ja yhteisöasiakkaille, joiden vuotuinen sähköenergiankulutus on 20 - 499 MWh/a. Suunnitelmakohtaiset hankinta- ja energiakustannukset on esitelty taulukossa 14.

Taulukko 14. Hankinta ja energiakustannukset.

Suunnitelma	Hankintakustannukset (€)	Energiakustannukset (€)
1	53890,91	3828,09
2	97271,65	2921,54
3	66766,90	3137,60

Hankinta- ja energiakustannukset suhteutettuna, suunnitelmien 1 ja 2 välillä, taulukosta 14 huomataan, että suunnitelman 2 hankintakustannukset ovat 43380,74 € kalliimmat. Vuotuinen energian säästö vuoden 2012 sähkön kokonaishinnan keskiarvolla laskettuna olisi 906,6 € käytettäessä suunnitelmaa 2. Suunnitelman 1 ja 3 välinen ero hankintakustannuksissa olisi 12875,99 €, jolloin suunnitelma 1 olisi halvempi. Energiakustannuksissa vuositasolla säästettäisiin 690,49 € käytettäessä suunnitelmaa 3. Suunnitelmien 2 ja 3 välinen ero olisi hankintakustannuksissa 30504,75 €, jolloin säästettäisiin käytettäessä suunnitelmaa 3. Energiassa säästettäisiin vuositasolla 216,06 € käytettäessä suunnitelmaa 2.

## 10 Pohdinta

### 10.1 Johtopäätökset

Suunnitelmalla 1 toteutettu ratkaisu oli hankintakustannuksiltaan edullisin, mutta energiankulutukseltaan kallein. Suunnitelman 1 mukaiset valaisimet ja valaistuksen ohjaukseen käytettävät laitteet ja tarvikkeet olivat yhtäläiset alkuperäisen kohteeseen toteutettavan suunnitelman kanssa. Energiansäästöä saatavaa hyötyä ei voida kuitenkaan pitää niin merkittävänä, että kohteen valaistus olisi voitu toteuttaa kannattavasti muilla suunnitelmilla. Suunnitelman 1 mukainen valaistusratkaisu olisikin kannattavin vertailtavista suunnitelmista, koska edulliset hankintakustannukset olivat tilaajan tärkein kriteeri tässä hankkeessa.

Suunnitelmalla 2 toteutettu ratkaisu oli hankintakustannuksiltaan kallein, mutta energiankulutukseltaan edullisin. Valaisimien hankintakustannukset olivat kuitenkin paljon suuremmat, kuin vertailtavissa suunnitelmissa, joten kyseinen tilaaja ei olisi hyväksynyt tätä suunnitelmaa toteutettavaksi kohteeseen. Ero energiansäästöä saatavan hyödyn ja hankintakustannusten välillä oli niin suuri, että hankkeen toteutus ei olisi missään tapauksessa ollut järkevää toteuttaa tällä suunnitelmalla.

Suunnitelmalla 3 toteutettu ratkaisu oli suunnitelman 1 ratkaisua kalliimpi, mutta suunnitelman 2 ratkaisua merkittävästi edullisempi. Suunnitelman energiansäästöä ja valaistuksen ohjauksesta saatujen hyötyjen perusteella se olisi potentiaalinen vaihtoehto toteuttaa kohteen valaistus. Valaistuksen ohjauksesta saatu hyöty lisäisi tilojen käytön monipuolisuutta ja muunneltavuutta. Kohteen valaistus olisi voinut tulla kyseeseen suunnitelmalla 3, jos tilaaja olisi edellyttänyt valaistukselta energiatehokkuutta ja säädettävyyttä. Tässä tapauksessa tilaaja ei kuitenkaan olisi hyväksynyt suunnitelmalla 3 toteutettua valaistusta, koska hankintakustannukset olisivat olleet kalliimmat verrattuna suunnitelmaan 1. Energiansäästöä saatava hyöty ei myöskään ollut riittävän suuri.



Vertailussa ei otettu huomioon valaistuksen huollosta syntyviä ylläpitokustannuksia, sähkön hinnan nousua, lainan korkoa tai inflaatiota. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin tehdä arvio kunkin suunnitelman kannattavuudesta esimerkkikohteeseen, koska hankintakustannukset olivat vaikuttava tekijä. Valaistusratkaisuja vertailtaessa on huomioitava, että säästetyn energian lisäksi valaistuksenohjaus lisää mukavuutta ja parantaa säädettävyyttä.

Standardi SFS-EN 15193 määrittelee myös tavoitearvot tietyntyyppisille rakennuksille. Standardissa ei ollut päiväkodin käyttötunneille sopivaa taulukkoa, jossa olisi määritelty päiväkotikohdetta koskevat LENI-lukujen suositukset. Tuloksia verrattuna esimerkiksi koulun tavoitearvoihin (taulukko 15), voidaan nähdä, että lasketut LENI-luvut ovat pienemmät kaikissa suunnitelmissa (vertaa taulukoon 13). Käyttötunteja koulurakennuksessa on arvioitu olevan 1800 päivällä ja 200 yöllä. Päiväkodin vastaavat arvot ovat suurimmassa osassa tiloista 2900 päivällä ja 200 yöllä. Taulukossa 15 LENI-luvut on määritelty ohjaustavan ja valaistussuunnittelun luokittelukriteerien perusteella. Manual-sarakkeessa oleva LENI-luvun tavoitearvo koskee manuaalisesti ohjattua valaistusta ja Auto-sarakkeessa automaattisesti ohjattua valaistusta. Tavoitearvot vastaavat valaistussuunnittelun luokittelukriteerien perustasoa vastaavaa luokkaa, jolla myös päiväkodin valaistus on toteutettu. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että suuremmat käyttötunnit huomioiden, päiväkodin LENI-luvut saisivat olla koulua koskevia arvoja korkeammat. Standardissa SFS-EN 15193 ilmoitetut tyypillisiä rakennuksia koskevat LENI-luvut ovat opastavia.

Taulukko 15. Vertailu kouluja koskevien suositusten LENI-lukuihin eri ohjaustavoilla.

Suunnitelma	Ei vakiovalo-ohjausta		Vakiovalo-ohjauksella	
	Manual (LENI)	Auto (LENI)	Manual (LENI)	Auto (LENI)
Suunnitelma 1	19,98			
Suunnitelma 2				15,25
Suunnitelma 3				16,38
<b>Tavoitearvo</b>	34,9	27	31,9	24,8

Dialux -valaistuskalkulaattorin avulla saadaan suuntaa-antavat arviot energiankulutuksesta. Energiaa arvioitaessa tilakohtaisesti tarkalla laskentamene-

telmällä, on laskentaohjelman käyttäminen suotavaa, koska käsin laskeminen olisi työlästä. Pikalaskentamenetelmää käytettäessä energiankulutus voidaan arvioida vuositasolla melko vaivattomasti myös käsin laskemalla, koska rakennuksen valaistuksen käyttämän energian arviointi tehdään standardin EN 15193 taulukkoon valmiiksi määriteltujen arvojen avulla. Kansallisissa arvoissa määritettäessä päivänvalon saatavuutta on puutteita Suomen osalta. Standardin mukaan arvoja tullaan tarkentamaan Suomen osalta seuraavassa painoksessa. Mielestäni standardi EN 15193 kaipaa vielä tarkennuksia, mutta tarjoaa kuitenkin hyvät lähtökohdat energian arvioimiseksi laskemalla.

Kustannukset valaisinten ja valaistuksen ohjaukseen käytettyjen laitteiden osalta ovat myös suuntaa-antavia. Tukkuhintojen hinnastoista saatavien hintojen perusteella saadaan kuitenkin näkemys hintaeroista valaisintyyppien välillä. Suuremmissa rakennushankkeissa urakoitsijat, valaisintoimittajat ja -valmistajat hinnoittelevat valaisimet ja ohjauslaitteet määrän mukaan, jolloin yhtä valaisinta ostettaessa hinta on kalliimpi, kuin ostettaessa samoja valaisimia esimerkiksi 100 kpl.

## **10.2 LED-valaisimien tulevaisuus**

LED-tekniikka kehittyy koko ajan nopealla vauhdilla. Philips Lightning edustajan mukaan yhtiön tavoitteena on kasvattaa LED-valaisimien myyntiä niin, että vuonna 2017 LED-valaisinten myynti kattaisi 70 % koko valaisinmyynnistä. LED-valaisimet ovat yleistyneet myös Suomessa, mutta suosio esimerkiksi Tanskaan verrattuna on heikompi. Tähän osasyynä on se, että Suomessa sähköenergian hinta on esimerkiksi Tanskaan verrattuna paljon matalampi. Sähköenergian hinta vaikuttaa takaisinmaksuaikoihin, jotka ovat tämänhetkellä hinnoitteluolosuhteissa Suomessa pidemmät. Selvää kuitenkin on, että LED-valaisimet korvaavat perinteiset valaistusratkaisut tulevaisuudessa myös Suomessa, kunhan kysynnän myötä myös hinnat laskevat.

LED-valaisinten hyötyjä täydennetään yleensä työssä esiteltyn valaistuksen ohjaustapojen avulla. Tällä hetkellä säädettävillä liitäntälaitteilla varustetut va-

laisimet ovat kalliimpia. Esimerkiksi DALI-säätöön tarkoitetun liitäntälaitteen komponenttikustannukset ovat todellisuudessa noin 2 € kalliimmat, kuin ilman säätöä varustetun liitäntälaitteen. Tämän perusteella voidaan päätellä, että säädettävät liitäntälaitteet voitaisiin hinnoitella tulevaisuudessa niin, että säätämättömien liitäntälaitteiden hintoja nostettaisiin esimerkiksi 10 € ja säädettävien liitäntälaitteiden hinnat laskettaisiin samalle tasolle. Tämän seurauksena sekä valaisinten, että ohjauslaitteiden myynti kasvaisi, jolloin kasvaisi myös säästetyn energian osuus.

### **10.3 Jatkokehitysmahdollisuudet**

Työn jatkokehitysmahdollisuutena olisi tehdä päiväkodin valaistuksen kuluttaman energian määrittäminen mittaamalla, käyttäen standardin SFS-EN 15193 mukaisia menetelmiä. Saatua mittaustuloksia voitaisiin vertailla laskettuihin arvioihin ja tehdä johtopäätöksiä tulosten perusteella. Energiankulutus voitaisiin tehdä samalla koko rakennukselle ja verrata valaistuksen osuutta koko rakennuksen energiankulutukseen.

### **10.4 Oma oppiminen**

Tutustuin Penttilän päiväkodin rakennushankkeeseen kesällä 2012, jolloin työskentelin Insinööritoimisto Jormakka Oy:n palveluksessa sähkösuunnitteluosastolla. Toteutin kohteen sähkö- ja tietojärjestelmiä koskevan sähkösuunnittelun ja dokumentoinnin vanhemman sähkösuunnittelijan avustuksella. Suunnittelun yhtenä osana oli valaistussuunnittelu. Käytin Dialux-valaistuslaskentaohjelmaa tilakohtaisien valaistustasojen määrittämiseen. Valaisimia ja ohjauslaitteita valittaessa tuli käyttää kustannuksiltaan edullisia tuotteita, koska tilaaja halusi toteuttaa hankkeen mahdollisimman matalin kustannuksin.

Suunnittelun yhteydessä sain idean tutkia vaihtoehtoisia valaistusratkaisuja päiväkotikohteeseen. Päiväkodin toinen julkisivu oli avoin jolloin julkisivun tällä osalla voitiin hyödyntää päivänvaloa. Toisella julkisivulla päivänvaloa ei voitu

hyödyntää koska katos julkisivussa esti päivänvalon pääsyn huoneisiin. Katoksen yhtenä tarkoituksena on estää päivänvalon pääsy tiloihin, koska näin voidaan säästää kesällä aiheutuviassa ilmastointikoneen jäähdytyskustannuksissa.

Olin tietoinen LED-valaisimien kalliista hintatasosta, mutta halusin selvittää missä suhteessa hankintakustannukset ovat säästetyn energian määrään. Dialux-valaistuskalkulaattori oli jo entuudestaan tuttu, joten tämä helpotti ohjelman käyttöä myös energia-arviointia tehdessä. Työ oli myös ammatillisen kasvun kannalta opettava ja siitä saadut hyödyt auttavat varmasti tulevaisuudessa työtehtävissäni. Tulevaisuudessa energiankulutukseen liittyvät määräykset tiukentuvat entisestään, jolloin energiankulutus ja -säästö tulevat olemaan yhä enemmän esillä rakennusten valaistussuunnittelussa.

## Lähteet

1. Sähköinfo Oy. Sähkösuunnittelun käsikirja. Espoo. 2004. ISBN: 952-5382-62-1.
2. ST-esimerkit 2. Sähkö- ja telejärjestelmien suunnitteluohjeet, lasten päiväkodit. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. 2003. [Viitattu 10.2.2013].
3. ST58.04. Valaistus yleisohjeet. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. 2003. [Viitattu 2.3.2013].
4. ST58.07 Valaistus yleisohjeet. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. 2005. [Viitattu 2.3.2013].
5. Fagerhult Oy. Valaistussuunnittelijan käsikirja. Verkkodokumentti. Fagerhult Oy. 2009. [Viitattu 10.3.2013].
6. SFS-EN 15193. Valaistuksen energiatehokkuus. 1. painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. 2008.
7. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/91/EY. Verkkodokumentti. Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin Neuvosto. [Viitattu 12.3.2013].  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:FI:PDF>
8. Joensuun kaupunki. Joensuun kaupungin suunnitteluohje. Joensuu. 2012.
9. SFS-EN 12464-1 Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2. painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. 2011.
10. ST57.45 Valaisimen valinnan perusteet. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. 2004. [Viitattu 14.3.2013].
11. ST57.52 LED-valaistusjärjestelmät. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. 2008. [Viitattu 19.3.2013].
12. ST58.32 valaistuksen ohjaus. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. 2004. [Viitattu 5.4.2013].
13. SLO Oy. Tuotehinnasto.  
<http://www.slo.fi/www/fi/Tuotteet/Tuoteluettelo/Sivut/default.aspx>  
[Viitattu 7.4.2013].
14. Elektroskandia Oy. Tuotehinnasto. [Viitattu 7.4.2013].  
[http://www.elektroskandia.fi/Tiedostot/Hinnastotiedostot/hinnasto\\_01-04-2013.pdf](http://www.elektroskandia.fi/Tiedostot/Hinnastotiedostot/hinnasto_01-04-2013.pdf)
15. Neptolux Oy. Turvalojärjestelmä. Esite. 2011. [Viitattu 15.4.2013].  
[http://www.neptolux.fi/files/neptolux/50Esitteet/Neptolux\\_esite\\_2011\\_Lo-Res.pdf](http://www.neptolux.fi/files/neptolux/50Esitteet/Neptolux_esite_2011_Lo-Res.pdf)
16. Alppilux Oy. Suositushinnasto. 2013. [Viitattu 15.4.2013].  
[http://www.alppilux.fi/images/alppilux\\_ladattavat/Alppilux\\_suosituksinnasto\\_01012013.pdf](http://www.alppilux.fi/images/alppilux_ladattavat/Alppilux_suosituksinnasto_01012013.pdf)

## Suunnitelman 1 tilakohtaiset ohjaustavat

Tila	Vakiovalo	Läsnäolo	Himmennys	Manuaalinen	Ohjauslaite
Ryhmähuone 1				x	Kytkimin
Ryhmähuone 2				x	Kytkimin
Ryhmähuone 3				x	Kytkimin
Johtaja				x	Kytkimin
Toimisto				x	Kytkimin
Taukotila/neuvottelu				x	Kytkimin
Käytävä 002				x	Kytkimin
Käytävä 019				x	Kytkimin
Eteinen				x	Kytkimin
Askartelu/verstas				x	Kytkimin
Askartelu/kuvataito				x	Kytkimin
Varasto 005				x	Kytkimin
Siivouskeskus				x	Kytkimin
Vaatehuolto		x			Liiketunnistin valaisimessa
Keittiö				x	Kytkimin
Keittiön varasto				x	Kytkimin
Keittiön kylmiö		x			Liiketunnistin valaisimessa
Keittiön siivouskomero		x			Liiketunnistin valaisimessa
Naisten sosiaali tila		x			PD-C360i/8 (8/24)
Naisten WC ja pesuhuone		x			PD-C360i/8 (8/24)
Miesten sosiaalitilat		x			PD-C360i/8 (8/24)
Miesten WC ja pesuhuone		x			PD-C360i/8 (8/24)
Väestönsuojan tekninen tila				x	Kytkimin
Märkäeteinen		x			PD-C360i/8 (8/24)
WC 07		x			PD-C360i/8 (8/24) PD-C360/8 Slave (8/24)
Varasto 04		x			Liiketunnistin valaisimessa
WC 04		x			Liiketunnistin valaisimessa
Varasto 022A				x	Kytkimin
Pukuhuone 022B				x	Kytkimin
Tuulikaappi 001		x			PD-C360i/8 (8/24)
Tuulikaappi 018		x			PD-C360i/8 (8/24)
Inva WC		x			Liiketunnistin valaisimessa
Sali				x	Kytkimin
Salin varasto 024		x			PD-C360i/8 (8/24)
Salin varasto 025				x	Kytkimin
Sisäänkäynti IV-konehuone		x			Liiketunnistin valaisimessa
WC 016		x			Liiketunnistin valaisimessa
Yläkerran tekniset tilat				X	Kytkimin

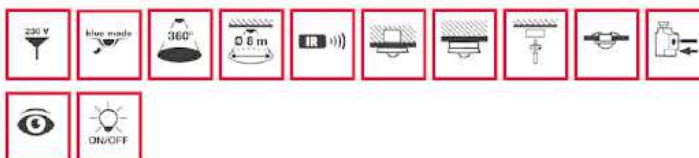
## Suunnitelmien 2 ja 3 tilakohtaiset ohjaustavat

Tila	Vakiovalo	Läsnäolo	Himmennys	Manuaalinen	Ohjauslaite
Ryhmähuone 1	x	x			PD-C360i/8 DIM (8/24)
Ryhmähuone 2			x		Manuaalinen himmennin
Ryhmähuone 3		x			PD-C360i/8 DIM (8/24)
Johtaja		x			Esylux PD-C360i/8 (8/24)
Toimisto				x	Kytkimin
Taukotila/neuvottelu		x			PD-C360i/8 DIM (8/24)
Käytävä 002		x	x		PD-C360i/24 DIM (24/40)
Käytävä 019		x	x		PD-C360i/24 DIM (24/40)
Eteinen		x	x		PD-C360i/24 DIM (24/40)
Askartelu/verstas	x	x			PD-C360i/8 DIM (8/24)
Askartelu/kuvataito	x	x			PD-C360i/8 DIM (8/24)
Varasto 005				x	Kytkimin
Siivouskeskus				x	Kytkimin
Vaatehuolto		x			Liiketunnistin valaisimessa
Keittiö				x	Kytkimin
Keittiön varasto				x	Kytkimin
Keittiön kylmiö		x			Liiketunnistin valaisimessa
Keittiön siivouskomero		x			Liiketunnistin valaisimessa
Naisten sosiaali tila		x			PD-C360i/8 (8/24)
Naisten WC ja pesuhuone		x			PD-C360i/8 (8/24)
Miesten sosiaalitilat		x			PD-C360i/8 (8/24)
Miesten WC ja pesuhuone		x			PD-C360i/8 (8/24)
Väestönsuojan tekninen tila				x	Kytkimin
Märkäeteinen		x			PD-C360i/8 (8/24)
WC 07		x			PD-C360i/8 (8/24) PD-C360/8 Slave (8/24)
Varasto 04		x			Liiketunnistin valaisimessa
WC 04		x			Liiketunnistin valaisimessa
Varasto 022A				x	Kytkimin
Pukuhuone 022B				x	Kytkimin
Tuulikaappi 001		x			PD-C360i/8 (8/24)
Tuulikaappi 018		x			PD-C360i/8 (8/24)
Inva WC		x			Liiketunnistin valaisimessa
Sali				x	Kytkimin
Salin varasto 024		x			PD-C360i/8 (8/24)
Salin varasto 025				x	Kytkimin
Sisäänkäynti IV-konehuone		x			Liiketunnistin valaisimessa
WC 016		x			Liiketunnistin valaisimessa
Yläkerran tekniset tilat				X	Kytkimin

## Läsnäolotunnistimien tiedot

ESYLUX LÄSNÄOLOILMAISIMET PD-C360i/8 - MASTER

ESYLUX®

Tilausnimeke  
PD-C360i/8 valkoinenTilausnumero  
EP10425059Snro  
26 183 24

Lyhyt kuvaus:	Tekniset tiedot:	Lisävaruste
<ul style="list-style-type: none"> <li>Läsnäololaitin ja 360°:n tunnistusalue kattoasennukseen</li> <li>Halkaisijaltaan jopa 8 m:n kantomatka 3 m:n suositellussa asennuskorkeudessa (suurin sallittu asennuskorkeus 5 m) käytettäväksi pieniin tiloihin ja päivänvaloa sisältäville läpikulkualueille</li> <li>16 A:n korkeatehoreleet (Wolframi-alkukontakti), soveltuvat erityisesti kapasitiivisten kuormitusten kytkemiseen, kuten esim. elektronisille kytkentälaitteille, rinnakkaiskompensoiduille loistelampuille, kompakteille loistelampuille, energiansäätölampuille</li> <li>Kiinteästi tallennettu tehdasohjelma takaa välittömän käyttövalmiuden</li> </ul>	<p>Verkköjännite 230 V ~, 50 - 60 Hz Tehontarve n. &lt; 0,3 W Tunnistusalue 360° Kantomatka halkaisija n. 8 m, asennuskorkeuden ollessa 3 m mekaanisesti asetussäätimellä, elektronisesti Mobil-PDi/MDi -infrapuna-kaulosäätimellä (tilattava erikseen)</p> <p><b>Kanava 1</b> Liitäntä sulkukosketin/kellumaton Kytkentäteho 230 V ~, 50 Hz/(16 A rele), 2300 W/10 A (cos φ = 1), 1150 VA/5 A (cos φ = 0,5), kapasitiivinen kuormitus/elektroniset kytkentälaitteet maks. kytkentävirta 800 A/200 μs</p> <p>Painike-tulo 1 kyllä Jälkikäyntiaika pulssi/n. 1 min - 30 min Valomittaus sekavalo Valoarvo n. 5 - 2000 lux Slave-tulo kyllä Sallittu ympäristölämpötila 0 °C...+50 °C Kotelointiluokka IP 20 upotusversiona, IP 20/IP 54 pinta-asennusrasialla (tilattava erikseen), IP 20 kattoon upotettavana versiona (uppoasennussarja tilattava erikseen)</p> <p>Suojausluokka II Toimituslaajuus sis. linssimaskin Asennustapa kattoasennus Kotelon materiaali UV-säteilyä kestävä polycarbonaatti Mitat n. korkeus 38 mm, Ø 108 mm Farbvarianten valkoinen, lähes kuin RAL 9010</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EM10425509 - Mobil-PDi/MDi hopea/metallinsininen</li> <li>EM10425608 - Suojaverkko 180/90 valkoinen</li> <li>EM10425615 - Suojaverkko 165/70 valkoinen</li> <li>EP10055379 - PD-C360/8 Slave valkoinen</li> <li>EP10055386 - PD-C360/24 Slave valkoinen</li> <li>EP10425370 - Pinta-asennusrasia-C IP 20 valkoinen</li> <li>EP10425387 - Pinta-asennusrasia-C IP 20 hopea</li> <li>EP10425905 - Pinta-asennusrasia-C IP 54 valkoinen</li> <li>EP10425912 - Pinta-asennusrasia-C IP 54 hopea</li> <li>EP10425929 - Kattoasennussarja-C valkoinen</li> <li>EP10425936 - Suojussarja-C360/8 hopea</li> <li>EP10426988 - RC-suodatin/sammutuspiiri</li> <li>EP10426995 - X-REMOTE kaukosäädin musta</li> </ul>

Lähde: Esylux Oy

<http://www.esylux.com/katalog/images/pictures/sheets/fi/EP10425059.pdf>



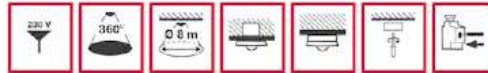
## ESYLUX-TUOTEOHJELMAN LISÄVARUSTEET PD 360/8 SLAVE

**ESYLUX**

Tilausnimike  
PD 360/8 Slave valkoinen

Tilausnumero  
EM10425028

Snro  
26 183 50

**Lyhyt kuvaus:**

- "Slave"-läsnäoloilmaisin "Master"-läsnäoloilmaisimen tunnistusalueen laajentamiseen, **360°:n tunnistusalue** kattoasennukseen
- Halkaisijaltaan **jopa 8 m:n kantomatalla** edullinen järjestelmäajennus jopa 9 lisälaiteella
- "Slave"-ilmaisimen liittäminen on mahdollista seuraaviin läsnäoloilmaisimiin:  
- PD 360i/8  
- PD 360i/24  
- PD 360i/24 DIM

**Tekniset tiedot:**

Verkköjännite	230 V ~, 50 Hz
Tehontarve n.	0,4 W
Tunnistusalue	360°
Kantomatka	halkaisija n. 8 m, asennuskorkeuden ollessa 3 m
Sallittu ympäristölämpötila	0 °C...+50 °C
Kotelointiluokka	IP 20 uppoasennusversiona, IP 54 pinta-asennusrasialla (tilattava erikseen)
Suojausluokka	II
Kotelon materiaali	UV-säteilyä kestävä polykarbonaatti
Mitat n.	korkeus 48 mm, Ø 140 mm
Farbvarianten	valkoinen, lähes kuin RAL 9010

**Lisävaruste**

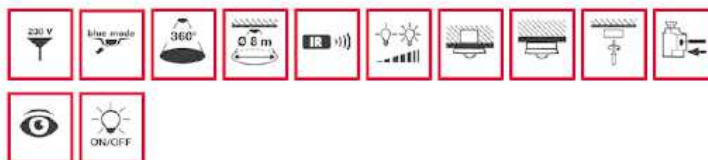
- EM10425400 - Pinta-asennusrasia IP 54 valkoinen

Lähde: Esylux Oy

<http://www.esylux.com/katalog/images/pictures/sheets/fi/EM10425028.pdf>

ESYLUX LÄSNÄOLOILMAISIMET PD-C360i/8 DIM - MASTER

ESYLUX®

Tilausnimike  
PD-C360i/8 DIM valkoinenTilausnumero  
EP10426711Snro  
26 183 71

Lyhyt kuvaus:	Tekniset tiedot:	Lisävaruste
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Läsnaöloilmaisim ja 360°:n tunnistusalue kattoasennukseen</li> <li>• Halkaisijaltaan jopa 8 m:n kantomatka 3 m:n suositellussa asennuskorkeudessa (suurin sallittu asennuskorkeus 5 m)</li> <li>• Automaattinen valo-ohjaus tasaiselle kirkkaustasolle läsnäolosta ja päivänvalosta riippuen (1 - 10 V = liitäntä)</li> <li>• 16 A:n korkeatehorele (Wolframi-alkukontakti), soveltuu erityisesti kapasitiivisten kuormitusten kytkemiseen, kuten esim. elektronisille kytkentälaitteille, rinnakkaiskompensoiduille loistelampuille, kompakteille loistelampuille, energiansäästölampuille</li> <li>• Kiinteästi tallennettu tehdasohjelma takaa välittömän käyttövalmiuden</li> </ul>	<p>Verkköjännite 230 V ~, 50 - 60 Hz</p> <p>Tehontarve n. &lt; 0,3 W</p> <p>Tunnistusalue 360°</p> <p>Kantomatka halkaisija n. 8 m, asennuskorkeuden ollessa 3 m</p> <p>Asetusmahdollisuudet mekaanisesti asetuslaittimella, elektronisesti Mobil-PDi/plus- ja Mobil-PDi/User -infrapunakaukosäätimillä (tilattava erikseen)</p> <p><b>Kanava 1</b></p> <p>Liitäntä</p> <p>Kytkentäteho</p> <p>Painiketulo 1</p> <p>Jälkikäyntiaika</p> <p>Valomittaus</p> <p>Valoarvo n. 5 - 2000 lux</p> <p><b>Rajapinta</b></p> <p>Ohjauslähtö</p> <p>Suunnistusvalo</p> <p>Suunnistusvalon jälkikäyntiaika</p> <p>Slave-tulo</p> <p>Sallittu ympäristölämpötila</p> <p>Kotelointiluokka</p> <p>Suojausluokka</p> <p>Toimituslaajuus</p> <p>Asennustapa</p> <p>Kotelon materiaali</p> <p>Mitat n.</p> <p>Farbvarianten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EM10425530 - Mobil-PDi/plus hopea/metallinvihreä</li> <li>• EM10425547 - Mobil-PDi/User hopea/metallinvihreä</li> <li>• EM10425608 - Suojaverkko 180/90 valkoinen</li> <li>• EM10425615 - Suojaverkko 165/70 valkoinen</li> <li>• EP10055379 - PD-C360/8 Slave valkoinen</li> <li>• EP10055386 - PD-C360/24 Slave valkoinen</li> <li>• EP10425370 - Pinta-asennusrasia-C IP 20 valkoinen</li> <li>• EP10425387 - Pinta-asennusrasia-C IP 20 hopea</li> <li>• EP10425905 - Pinta-asennusrasia-C IP 54 valkoinen</li> <li>• EP10425912 - Pinta-asennusrasia-C IP 54 hopea</li> <li>• EP10425929 - Kattoasennusrasia-C valkoinen</li> <li>• EP10425936 - Suojussarja-C360/8 hopea</li> <li>• EP10426346 - SRM-230V relemoduuli valkoinen</li> <li>• EP10426353 - ILR-230V virranrajoitusmoduuli valkoinen</li> <li>• EP10426988 - RC-suodatin/sammutuspiiri</li> <li>• EP10426995 - X-REMOTE kaukosäädin musta</li> </ul> <p>IP 20 upotusversiona, IP 54 pinta-asennusrasialla (tilattava erikseen), IP 20 kattoon upotettavana versiona (uppoasennusrasia tilattava erikseen)</p> <p>II</p> <p>sis. linssimaskin</p> <p>kattoasennus</p> <p>UV-säteilyä kestävä polykarbonaatti</p> <p>korkeus 38 mm, Ø 108 mm</p> <p>valkoinen, lähes kuin RAL 9010</p>

Lähde: Esylux Oy

<http://www.esylux.com/katalog/images/pictures/sheets/fi/EP10426711.pdf>

## ESYLUX LÄSNÄOLOILMAISIMET PD-C360i/24 DIM- MASTER

ESYLUX®

Tilausnime  
PD-C360i/24 DIM valkoinen

Tilausnumero  
EP10426704

Snro  
26 183 70



Lyhyt kuvaus:	Tekniset tiedot:	Lisävaruste
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Läsnaölailmaisim ja 360°:n tunnistusalue kattoasennukseen</li> <li>• Halkaisijaltaan jopa 24 m:n kantomatkalla 3 m:n suositellussa asennuskorkeudessa (suurin sallittu asennuskorkeus 5 m)</li> <li>• Automaattinen valo-ohjaus tasaiselle kirkkaustasolle läsnäolosta ja päivänvalosta riippuen (1 - 10 V = liitäntä)</li> <li>• 16 A:n korkeatehoreleet (Wolframi-alkukontakti), soveltuvat erityisesti kapasitiivisten kuormitusten kytkämiseen, kuten esim. elektronisille kytkentälaitteille, rinnakkaiskompensoiduille loistelampuille, kompakteille loistelampuille, energiansäästölamputille</li> <li>• Kiinteästi tallennettu tehdosohjelma takaa välittömän käyttövalmiuden</li> </ul>	<p>Verkköjännite 230 V ~, 50 - 60 Hz Tehontarve n. &lt; 0,3 W Tunnistusalue 360° Kantomatka halkaisija n. 24 m, asennuskorkeuden ollessa 3 m mekaanisesti asetussäätimellä, elektronisesti Mobil-PDI/plus- ja Mobil-PDI/User-infrapuna-ohjauksella (tilattava erikseen)</p> <p>Asetusmahdollisuudet</p> <p><b>Kanava 1</b> Liitäntä Kytkentäteho</p> <p>Painiketulo 1 Jälkikäyntiaika Valomittaus Valoarvo <b>Rajapinta</b> Ohjauslähtö Suunnistusvalo Suunnistusvalon jälkikäyntiaika Slave-tulo Sallittu ympäristölämpötila Käyttöluokka</p> <p>Suojaluokka Toimituslaajuus Asennustapa Käytön materiaali Mitat n. Värivariantit</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EM10425530 - Mobil-PDI/plus hopea/metallinvihreä</li> <li>• EM10425547 - Mobil-PDI/User hopea/metallinvihreä</li> <li>• EM10425608 - Suojaverkko 180/90 valkoinen</li> <li>• EM10425615 - Suojaverkko 165/70 valkoinen</li> <li>• EP10055379 - PD-C360/8 Slave valkoinen</li> <li>• EP10055386 - PD-C360/24 Slave valkoinen</li> <li>• EP10425370 - Pinta-asennusrasia-C IP 20 valkoinen</li> <li>• EP10425387 - Pinta-asennusrasia-C IP 20 hopea</li> <li>• EP10425431 - Suojusarja-C360/24 hopea</li> <li>• EP10425905 - Pinta-asennusrasia-C IP 54 valkoinen</li> <li>• EP10425912 - Pinta-asennusrasia-C IP 54 hopea</li> <li>• EP10425929 - Kattoasennusarja-C valkoinen</li> <li>• EP10426346 - SRM-230V relemoduuli valkoinen</li> <li>• EP10426353 - ILR-230V virranrajoitusmoduuli valkoinen</li> <li>• EP10426988 - RC-suodatin/sammutuspiiri</li> <li>• EP10426995 - X-REMOTE kaukosäädin musta</li> </ul> <p>230 V ~, 50 Hz/(16 A rele), 2300 W/10 A (cos φ = 1), 1150 VA/5 A (cos φ = 0,5), kapasitiivinen kuormitus/elektroniset kytkentälaitteet maks. kytkentävirta 800 A/200 µs kyllä n. 1 min - 30 min seka- n. 5 - 2000 lux <b>1 - 10 V =</b> 1 - 10 V = /50 mA 10 %:n valoteho n. 1 min - 60 min kyllä 0 °C...+50 °C IP 20 upotusversiona, IP 54 pinta-asennusrasialla (tilattava erikseen), IP 20 kattoon upoteuttavana versiona (uppoasennusarjalla tilattava erikseen) II sis. linssimaskin kattoasennus UV-säteilyä kestävä polykarbonaatti korkeus 46 mm, Ø 108 mm valkoinen, lähes kuin RAL 9010</p>

Lähde: Esylux Oy

<http://www.esylux.com/katalog/images/pictures/sheets/fi/EP10426704.pdf>

## Sähkön keskihinta vuonna 2012

Kuluttajatyypin T6 (20-499 MWh/a) sähkön keskihintahinta kuukausittain vuonna 2012

<b>Kuukausi</b>	<b>Hinta (snt/kWh)</b>
Tammikuu	10,91
Helmikuu	10,96
Maaliskuu	10,84
Huhtikuu	10,72
Toukokuu	10,73
Kesäkuu	10,72
Heinäkuu	10,64
Elokuu	10,59
Syyskuu	10,82
Lokakuu	10,97
Marraskuu	11,02
Joulukuu	11,01

Lähde: Energiamarkkinavirasto, Tilastokeskus

[http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=050\\_ehi\\_tau\\_105\\_fi&path=../database/StatFin/ene/ehi/&lang=3&multilang=fi](http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=050_ehi_tau_105_fi&path=../database/StatFin/ene/ehi/&lang=3&multilang=fi)